

Riziculture Camarguaise

La paille de riz

Pratiques au champ
et filières de valorisation
pour un développement durable

Etat des lieux, retours d'expériences,
débat participatifs, voies de valorisation



ADEME

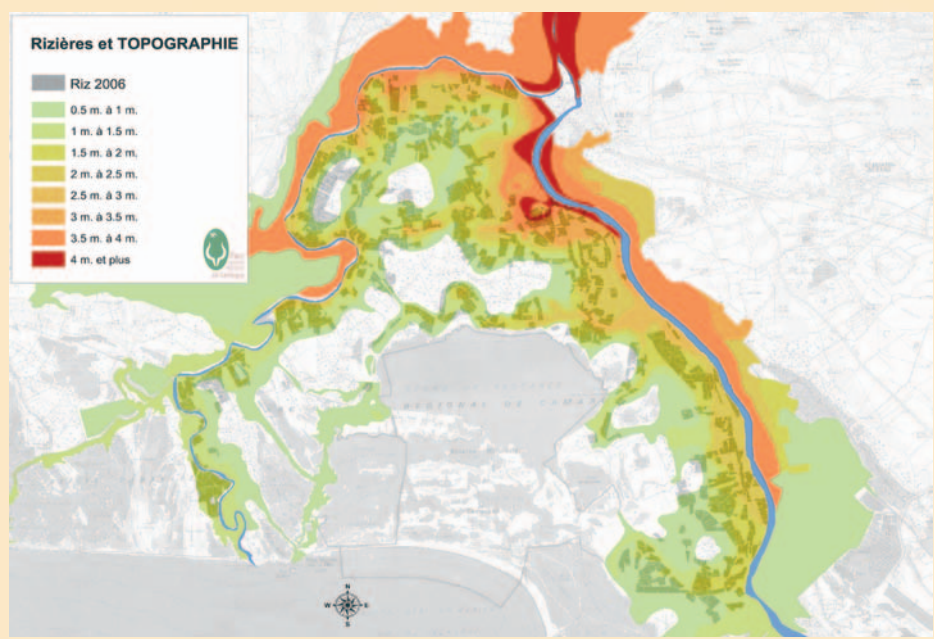


Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Sommaire

	Préambule	3
	Contexte de l'étude et démarche mise en œuvre	3
	Etat des lieux et pratiques de gestion des pailles de riz dans le monde	5
	Evaluation par voie cartographique, du gisement de paille de riz en Camargue	6
	Gestion des pailles de riz au champ : pratiques mises en œuvre et analyse agronomique	11
	Conditionnement et exportation des pailles Simulations des chantiers et estimations des coûts	19
	Filières de valorisation hors-champ	23
	Conclusions et perspectives	33



Photographies
J.C. Mouret, R. Hammond

Préambule

Les cultures céréalières produisent des denrées indispensables à l'alimentation humaine et animale. Après la récolte du grain, les pailles sont souvent perçues comme un résidu peu valorisable.

Autrefois, elles constituaient un apport organique important aux cultures, sous forme de fumier de ferme utilisé dans les exploitations où l'élevage était combiné avec les surfaces cultivées.

Aujourd'hui la spécialisation des agriculteurs a conduit vers d'autres formes de valorisation soit, directement au champ ou en exportation vers d'autres filières déjà établies (engrais organique, alimentation animale...) ou potentiellement en devenir (bioconstruction, bio-énergie...). Une céréale a jusqu'à présent échappée à ces modes de valorisation de la paille à grande échelle, il s'agit du riz.

En Camargue, territoire qui s'est spécialisé depuis la seconde guerre mondiale dans cette culture, la paille de riz est le plus souvent laissée après récolte sur les parcelles pour y être brûlée ou enfouie dans l'hiver. Cette paille présente en effet des caractéristiques particulières du fait de sa teneur en silice et de son caractère abrasif (faible potentiel de dégradation et usure du matériel).

Cependant soucieux de vouloir mieux valoriser l'image du riz et donc conforter leur rôle dans l'équilibre environnemental du delta, les riziculteurs ont accepté de mener une réflexion sur les possibilités de valoriser ce produit issu de la riziculture. Le Syndicat des Riziculteurs de France et Filière et le Centre Français du Riz ont jugé opportun de s'engager au côté du Parc pour rechercher des itinéraires techniques opérationnels afin que les pailles soient mieux utilisées par les agriculteurs.

S'est alors engagée avec le concours de l'Inra et du Cemagref une véritable analyse détaillée de l'ensemble des possibilités de valorisation de la paille de riz, en essayant de contourner des difficultés bien réelles sur le plan de la mise en œuvre technique des différentes filières potentielles.

La présente synthèse résulte d'un travail de recherche animé par le Parc naturel régional de Camargue et réalisé par l'Inra et le Cemagref sur la base de nombreux échanges avec les professionnels. Elle témoigne la présence de savoir faire, d'itinéraires de gestion et d'expériences qui ont été évoqués par les riziculteurs eux-mêmes dans les modes de gestion de leur paille. Fruit d'une collaboration réussie, cette démarche offre de nouvelles pistes pour les riziculteurs, à la recherche d'une meilleure utilisation de l'ensemble de leurs productions et produits qu'ils élaborent dans l'espace environnemental préservé de la Camargue. Que l'ensemble des participants soit remercié pour leurs regards critiques et leurs précieux conseils et avis qui ont permis de proposer des scénarios réalistes, alternatifs au brûlage des pailles de riz dont la part valorisable pourrait atteindre 50 000 tonnes par an.

Le Président
du Syndicat des Riziculteurs de France et Filière

François Callet

Le Président
du Centre Français du Riz

Olivier Rollin

Le Président
du Parc naturel régional de Camargue

Hervé Schiavetti



Contexte de l'étude et démarche mise en œuvre

Dans le cadre d'une réflexion globale sur l'énergie, les déchets et les déplacements sur le territoire du Parc naturel régional de Camargue, et afin de mettre en œuvre rapidement des actions sur ces thématiques, un Plan Local de l'Energie et de l'Environnement (PLEE) a été rédigé en 2003. La convention tripartite associée regroupe le Parc naturel régional de Camargue, l'Ademe et la Région Paca.

A partir des interrogations des riziculteurs sur une valorisation éventuelle de la paille de riz, en alternative au brûlage. Une étude concernant la «requalification» des 50 000 tonnes de pailles de riz produites chaque année sur le territoire camarguais a été inscrite dans le PLEE Camargue (Fig 1).

En France, on compte en moyenne au cours de ces 10 dernières années, 18 000ha de surface cultivée en riz par an, située, dans sa grande majorité, en Camargue. A ce jour, la quasi totalité de la paille de riz, est brûlée le reste étant généralement enfoui. On note toutefois, en dépit de l'absence de chiffres précis, une légère progression de l'enfouissement. Quant à l'exportation des pailles, de riz elle reste ponctuelle.

Le non-brûlage des résidus de culture fait partie des « bonnes conditions agricoles et environnementales » (BCAE), ensemble constituant l'un des trois domaines d'exigences de la conditionnalité des aides de la politique agricole commune (les deux autres étant «environnement» et «santé publique, santé des animaux et des végétaux»). Toutefois, en Camargue, le brûlage des pailles de riz est rendu possible du fait d'une dérogation annuelle accordée aux riziculteurs pour permettre une dégradation rapide des pailles en particulier avant le semis du blé. Cette pratique, est réalisée sur 80% des superficies rizicultivées.

Selon les interlocuteurs du territoire camarguais rencontrés, la gestion des pailles de riz mobilise peu le milieu professionnel : ce système dérogatoire de la PAC autorise en effet les pratiques de brûlage, qui ne semblent donc pas menacées à court terme. La réflexion sur les alternatives au brûlage semble peu abordée bien que, parallèlement, le Centre Français du Riz et l'Office National Interprofessionnel des Grandes Cultures encouragent des études sur la valorisation au champ par l'enfouissement, travaux en partie confiés à l'Inra (UMR Innovation).

Du point de vue des riziculteurs, il ne semble pas y avoir, à ce jour, de réflexion collective sur la valorisation des pailles de riz. Cette dernière n'apparaît pas comme un sujet de discussion fréquent entre les riziculteurs : *«On ne parle pas du problème de gestion des résidus», «On n'a jamais trop discuté sur les pailles de riz»*. Et même si certains s'interrogent sur la durabilité d'une telle pratique, allant jusqu'à la considérer comme une «erreur écologique» : *«Je pense que ce sera de plus en plus dur de garder la dérogation mais il faut, absolument qu'on la conserve, ne serait-ce que pour pouvoir réaliser l'implantation du blé»* - *«La dérogation posera un problème un jour ou l'autre»...* *d'autres ne tergiversent pas sur son maintien : «90 voire 99% des riziculteurs brûlent, je ne pense pas qu'on nous interdira de brûler»* - *«Sans dérogation, il n'y aura plus de riz en Camargue»*.

Malgré ces réserves, le Parc naturel régional de Camargue estime qu'il est important d'étudier cette question qu'il voit comme un point d'entrée dans une série de préoccupations sur les pratiques rizicoles durables, les pistes de valorisation non alimentaires, le dialogue entre profession et parc naturel, le développement territorial, etc...

Cette démarche n'a pas pour but de remettre en question l'autorisation du brûlage mais bien d'évaluer le potentiel de valorisation des pailles au champs et hors champs. Cette prospective constitue une étude mise au service de la profession rizicole pour l'accompagner dans la mise en œuvre d'une agriculture durable.

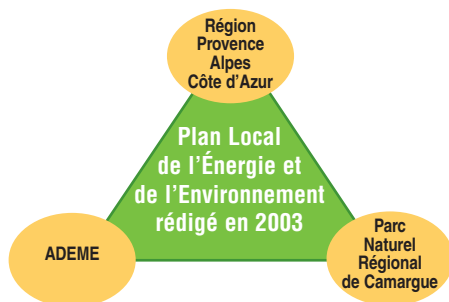


Figure 1 : Le PLEE engage la collectivité (ou le gestionnaire d'espace) à instaurer une démarche de connaissance, d'analyse, d'action et d'évaluation. Il s'agit d'un engagement contractuel et pluriannuel (3 ans).



Etat des lieux et pratiques de gestion des pailles de riz dans le monde

La production annuelle mondiale de riz (*Oryza sativa*) s'élève à environ 650 millions de tonnes de riz paddy. En admettant la correspondance suivante : 1 tonne de riz pour 1 tonne de pailles¹, ce sont donc approximativement 650 millions de tonnes de pailles de riz qui sont produites chaque année. Deux pays, la Chine (incluant Taïwan) et l'Inde comptabilisent à elles seules 57% du total de la culture en riz (les riziculteurs asiatiques produisant 92% des surfaces totales en riz).

En 1991, l'Etat de Californie promulgue un règlement planifiant la réduction progressive du brûlis et incite les producteurs à développer des voies de valorisation hors champ [Rice straw burning act of 1991 (AB1378)]. En 2000, soit 9 ans après, la gestion des résidus de récolte de riz est répartie ainsi : 73,2 % des pailles sont enfouies dans le sol après la récolte, 25,0 % des pailles sont brûlées pour motifs sanitaires, et 1,6 % des pailles sont mises en ballots et exportées.

En Inde, les surfaces rizicoles représentent 42 millions d'hectares pour une production de 110 millions de tonnes de riz. Actuellement, les pailles de riz ne sont utilisées ni pour l'alimentation du bétail ni en enfouissement sur la parcelle en raison du manque de temps entre la récolte du riz et le semis du blé (la rotation riz-blé est à ce jour la plus répandue). 90 % des pailles de riz du nord-ouest de l'Inde sont donc brûlées. L'institut indien de recherche agricole et l'institut de recherche international sur le riz s'intéressent toutefois à l'enfouissement comme alternative au brûlage.

En Italie, 230 000 hectares sont dédiés à la culture du riz, essentiellement dans la plaine du Pô (Piémont). Environ 65% des pailles de riz sont traditionnellement brûlées, malgré une restriction mise en place et soutenue par les populations, gênées par les fumées engendrées par cette pratique. Dans la province de Novara, les pailles de riz exportées sont destinées à la litière animale.

La production rizicole espagnole approche les 100 000 hectares répartis entre le delta de l'Ebre (30 000ha), la région de Séville (30 000ha), le parc naturel régional de l'Albufera proche de Valencia (15 000ha), la région de l'Estremadura (10 000ha) et celle aux alentours de Saragosse (10 000ha). Au niveau du Delta de l'Ebre, 100% des pailles de riz sont enfouies, avec mise en eau en hiver, cette pratique étant encouragée par une mesure agri-environnementale accompagnée d'une subvention.

Encadré 1 : Les aides agri-environnementales concernant les rizières du delta de l'Ebre.

Ces aides font partie du Programa de Desarrollo Rural (PDR), dont le co-financement est assuré par les fonds européens et les gouvernements espagnol et catalan. Leur montant s'élève à 397,63€/ha/an.

Le brûlage des pailles de riz est interdit, sauf cas sanitaire grave. L'enfouissement doit être réalisé avec la technique des roues cages, ce qui suppose une mise en eau précoce.

Les riziculteurs s'engagent à maintenir une certaine surface en riz pendant 5 ans. En ce qui concerne la fertilisation azotée minérale, celle-ci doit être diminuée d'au moins 20%, ne pouvant pas être supérieure à 120 ou 130kg/ha selon les variétés. De même, les traitements contre *C. Supressalis* (pyrale) seront raisonnés et les traitements biologiques favorisés.

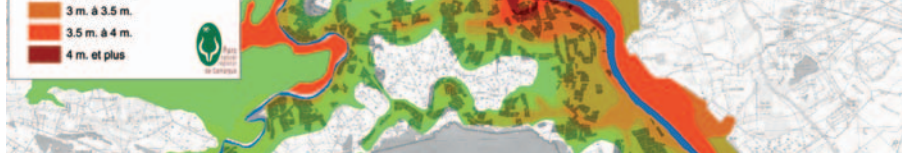
Les parcelles doivent être mises en eau durant au moins 4 mois consécutifs en automne-hiver, les systèmes de rétention d'eau (digues) doivent être aménagés et préservés, le contrôle des adventices, manuel, doit être réalisé dans les canaux.

Un cahier d'exploitation, présentant toutes les opérations effectuées, sera tenu, les analyses assurent le bon fonctionnement agri-environnemental de l'exploitation rizicole réalisées (diagnostic agri-environnemental, analyses de sol, ...).

Cette aide, présente pour la campagne 2000-2006 du PDR ne semble pas avoir été reconduite pour 2007-2013. Cependant, toute culture biologique reste à ce jour soutenue financièrement, riz inclus.

Sur les 400 000 hectares de rizières en Europe méditerranéenne, la culture du riz est également présente au Portugal (25 000 ha), en Grèce (22 000 ha), pays pour lesquels les références bibliographiques concernant la valorisation de la paille de riz sont peu nombreuses.

¹ L'indice de récolte (rendement/biomasse aérienne totale) est considéré comme égal à 50%, notamment en France et en Italie. Toutefois, il peut varier en fonction des variétés, des niveaux de rendement, etc...



Evaluation par voie cartographique, du gisement de paille de riz en Camargue

L'évaluation du gisement de pailles de riz en Camargue peut, dans le cadre de cette étude, prendre deux sens distincts en terme d'alternative au brûlage. En effet, la quantité de paille disponible peut à la fois définir une «offre», si l'on envisage le développement de filières avec exportation de paille, mais peut également être perçue comme une quantité de matière organique restituable au sol dans le cas de l'enfouissement de la paille de riz. Les deux cas de figure (exportation et enfouissement) seront ici abordés, sans toutefois perdre de vue que le brûlage reste, à ce jour, la pratique la plus répandue.

Cette estimation prend la forme d'une modélisation «simplifiée». En effet, certaines données disponibles concernaient essentiellement le Parc naturel régional de Camargue : une extrapolation, même approximative, à tout le territoire camarguais était donc incontournable. De même, d'autres données se sont avérées manquantes. Le premier objectif concerne donc plus un ordre de grandeur qu'un chiffre précis que l'on comparera aux 50 000 tonnes de pailles de riz mobilisables considérées notamment dans le PLEE. Dans un second temps, nous essayerons de déterminer une «fréquence» d'exportation des pailles de riz : «*Baller marche une année sur quatre*», soulignait un riziculteur.

Plusieurs facteurs ont été considérés : l'occupation du sol, les conditions climatiques, la pédologie et l'altitude, pour évaluer le tonnage potentiellement mobilisable et les années favorables aux pratiques alternatives au brûlage (Figure 2).

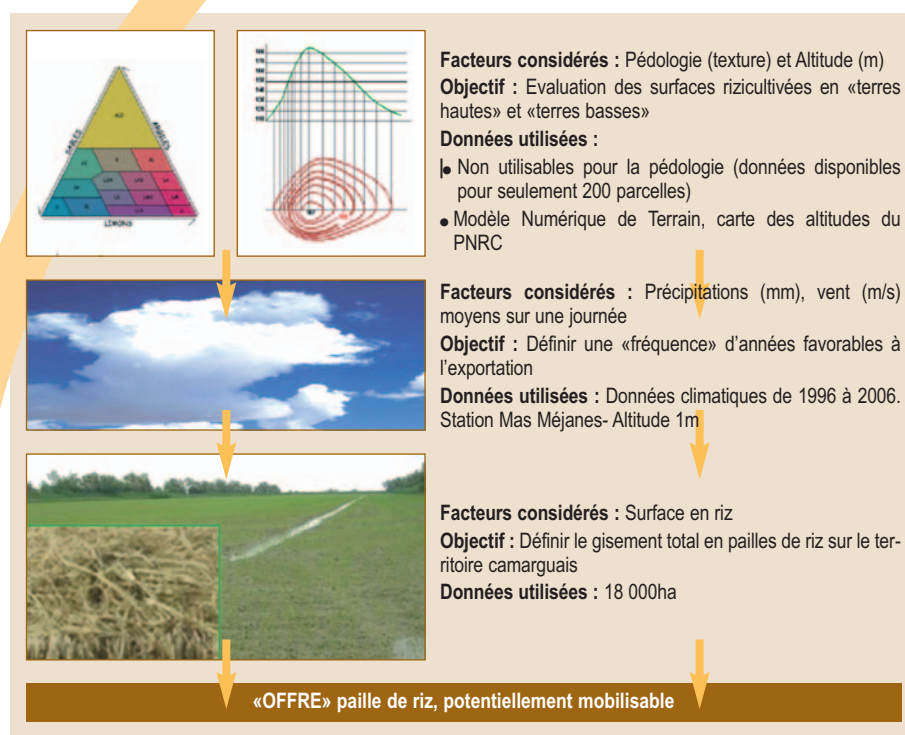
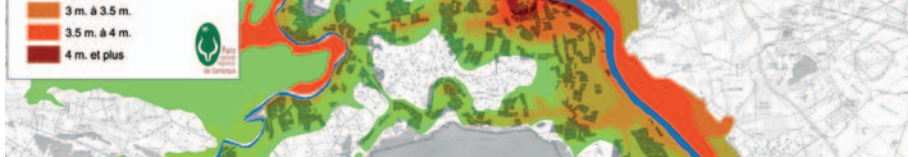


Figure 2 : Facteurs pris en compte pour la définition de l'offre en paille de riz et des années favorables à l'exportation

L'estimation globale du gisement, pour les valorisations au champ et hors-champ est réalisée à partir des surfaces moyennes rizicultivées (18 000 hectares) et d'une série d'hypothèses :

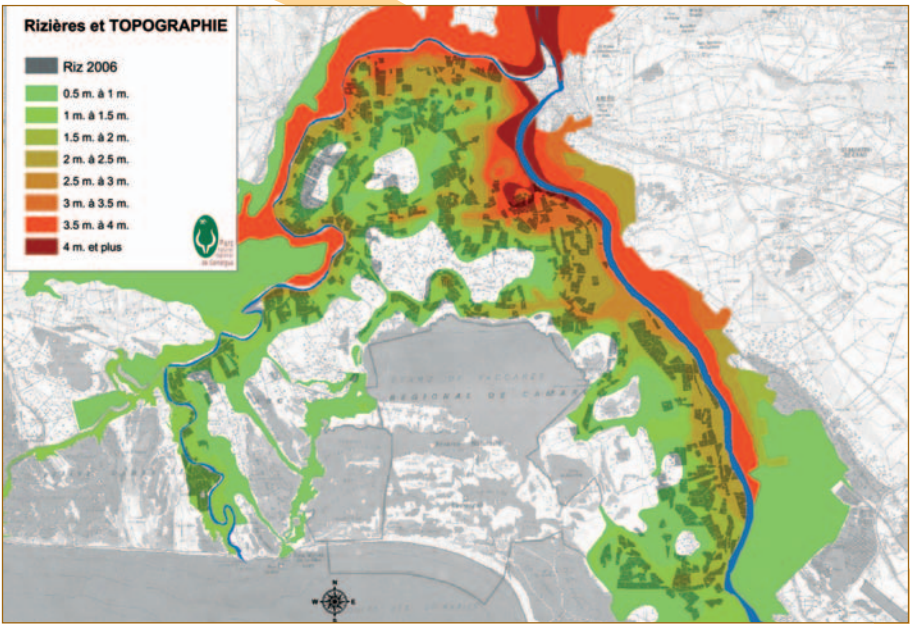
- Le rendement moyen aux normes en riziculture est de 5.5t/ha, soit $5.5 \times 18\,000 = 99\,000\text{t}$ de grains.
- Il y a autant de paille que de grain (*chaumes comprises*) : 99 000t de paille.
- La matière sèche totale des pailles est de 85 635t à 0% d'humidité.
- Lors de la moisson, les chaumes représentent environ 15% de la totalité des pailles. On en déduit donc $85\,635 \times 0.85 = 72\,790\text{t}$ de paille coupée (matière sèche).



Le gisement annuel global du territoire camarguais en pailles de riz est estimé à de 72 790 tonnes (sur une base de 18000 ha rizicultivés).

Les termes «terres hautes» et «terres basses» correspondent à des caractéristiques de pédologie et d'altitude. Les données pédologiques dont nous disposons pour la Camargue étant incomplètes (données disponibles pour seulement 200 parcelles rizicoles), une corrélation entre l'altitude et la pédologie a été admise : sont considérées comme terres hautes, les terres limono-sableuses, drainantes dont l'altitude est supérieure à un mètre et comme terres basses les terres argileuses, hydromorphes dont l'altitude est inférieure à un mètre. Le facteur altitude sera donc le seul pris en compte pour l'évaluation de la répartition des surfaces rizicultivées sur les terres hautes et les terres basses. Cette répartition permet de définir une quantité de paille plus facilement mobilisable pour l'exportation des pailles de riz. En effet, cette pratique est fortement dépendante des possibilités d'entrée sur les parcelles avec les engins agricoles et donc du niveau de ressuyage des sols.

De plus, nous ne disposons de données d'altitude que pour le territoire du Parc naturel régional de Camargue. Il a ainsi été admis que les rizières sont réparties sur les terres hautes et basses dans les mêmes proportions dans le Parc et sur toute la Camargue.



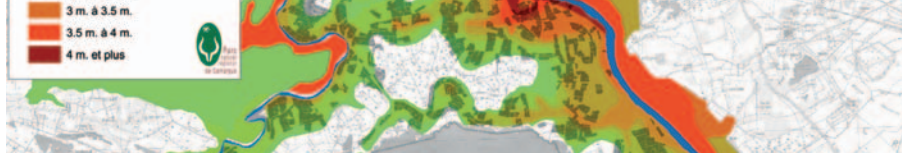
Altitudes (m)	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4 et plus	Total
Superficie (ha)	785	1764	2676	1572	1284	320	297	181	60	8939

Figure 3 : Répartition des surfaces en riz et des altitudes au sein du Parc naturel régional de Camargue en 2006 (Source PNRC)

En prenant l'altitude de 1 mètre comme limite terres hautes/terres basses, nous avons comptabilisées 6 390 hectares (soit 71%) des surfaces en riz sur terres hautes et 2 549 hectares (soit 29%) sur terres basses.

En considérant que l'exportation des pailles de riz se ferait plutôt sur les terres hautes, nous obtenons sur l'ensemble de la Camargue : 12780ha en terres hautes (71% de 18 000ha).

Sur la base des estimations effectuées au chapitre précédent, la quantité potentielle de paille de riz exportable correspondant aux terres hautes, s'élève à 51 680 tonnes de matière sèche.
NB : Nous verrons par la suite que les taux d'humidité demandés par les filières potentielles de valorisation de la paille de riz varient entre 12 et 20%.



Prise en compte de l'aléa climatique

Les pratiques de gestion des pailles de riz sont fortement dépendantes du facteur climatique. Les réussites du brûlage, de l'enfouissement à sec des pailles et de l'exportation sont tributaires d'un temps sec. Alors que les précipitations ou du moins une certaine humidité sont incontournables pour les techniques d'enfouissement en eau : *«Le passage des roues cages se fait dans l'eau, sur un sol maintenu constamment humide. Si le sol est trop sec avant la mise en eau, l'enfouissement sera difficile».*

La prise en compte du facteur climatique doit nous permettre de définir, parmi les dix dernières années, celles où l'exportation des pailles de riz aurait été envisageable. La phase encadrant la récolte (admise du 15 septembre au 15 octobre) étant déterminante, en particulier pour l'exportation des pailles, nous avons considéré, pour l'analyse, la période du 15 août (après l'assez des rizières) au 15 novembre.

Plusieurs hypothèses ont été formulées. Nous admettons tout d'abord qu'il existe une année «référence» pour laquelle les précipitations peuvent être considérées comme «acceptables» pour l'exportation des pailles de riz. Cette année de référence, 2003 (Fig. 4) servira de point de comparaison inter-annuel, l'objectif étant de définir les années présentant le même comportement (ou spectre) climatique.

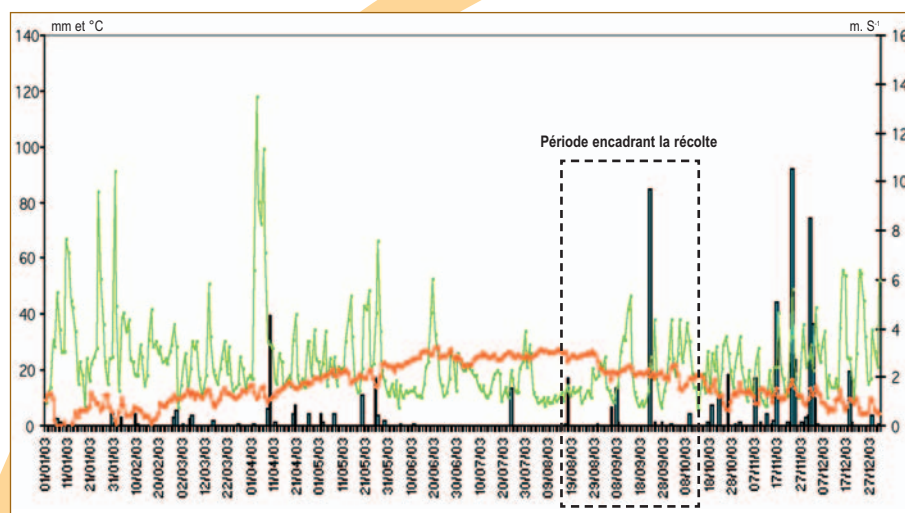


Figure 4 : Répartition des données climatiques de l'année 2003 sur le territoire camarguais - Station Mas Méjanes.

- Précipitations moyenne journalières (mm)
- Vent moyen journalier (m.s⁻¹)
- Température moyenne journalière (°C)

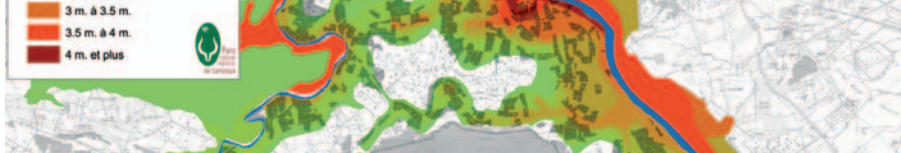
L'année 2003 est caractérisée par un été sec. De ce fait, l'emballage de la paille a été possible: *«ça s'emballe bien» - «ça a été rapide».* (Encadré 2)

Les principaux problèmes rencontrés en 2003 furent liés à la manutention : suite à d'importantes précipitations fin septembre (84mm le 22/09), des bottes de pailles de riz n'ont pas été transportées et sont donc restées en bord de champs. Les exploitants se sont débarrassés difficilement (enfouissement, brûlage) de ces quantités de pailles résiduelles parfois importantes.

Nous pouvons souligner que l'année 2007 s'est aussi également montrée particulièrement propice au niveau climatique, qualifiée de *«sans précédent»* par les riziculteurs : Dix mille tonnes de pailles de riz, soit 20% des estimations établies ci-dessus, ont été exportées. Ce caractère vraiment exceptionnel ne nous permet cependant pas de prendre cette année comme *«modèle»* pour l'analyse.

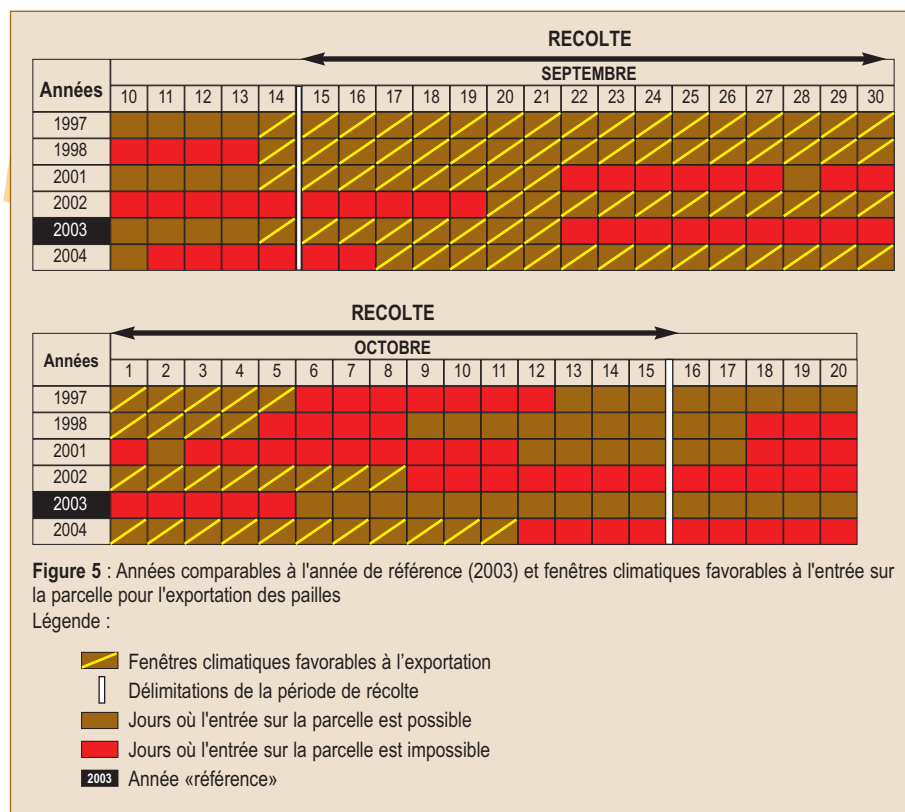
De plus, les «fenêtres climatiques» où l'entrée sur les parcelles des engins agricoles est possible, ont été déterminées pour chaque année afin d'affiner et/ou de corriger la sélection des années comparables à 2003. En considérant que la mention «arrêt de travail» correspond à l'impossibilité d'entrer sur les parcelles, les hypothèses associées sont les suivantes :

- Si pluie du jour <10 mm : Pas d'arrêt du travail
- Si pluies du jour ou pluies successives comprises entre 10 et 30 mm : arrêt de 3 jours
- Si pluies du jour ou pluies successives comprises entre 30 et 50 mm : arrêt de 6 jours
- Si pluies du jour ou pluies successives supérieures à 50 mm : Arrêt de 6 jours + 1 jour par tranche de 10 mm > 50mm. (ex : 60 mm → 6 jours + 1 jours = 7 jours)



En ce qui concerne les pluies successives sur plusieurs jours, on considère le cumul des précipitations pour calculer les jours d'arrêt. Pour la prise en compte du vent, on diminue d'un tiers le temps d'arrêt dû à une pluie s'il souffle à plus de 5m/s durant au moins trois jours (consécutifs ou non) pendant la période d'arrêt.

Ces hypothèses sont issues d'une série d'enquêtes réalisées auprès des riziculteurs de Camargue, concernant leur organisation du travail sur l'exploitation rizicole et en particulier le travail du sol.



Pour les années considérées, plus de la moitié présentent donc des conditions climatiques propices à l'exportation des pailles de riz, à savoir une fenêtre climatique assez étendue pour pouvoir rentrer sur les parcelles : 1997, 1998, 2001, 2002, 2003 et 2004.

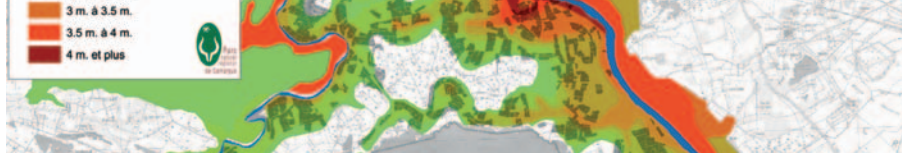
La possibilité de rentrer sur la parcelle peut également s'apparenter à la possibilité de travailler le sol. Ainsi, nous pouvons extrapoler en considérant ces années comme également favorables à l'enfouissement des pailles de riz à sec (l'enfouissement dans l'eau, avec la technique des roues cages permet en effet, de s'affranchir des aléas climatiques).

Cette caractérisation du gisement «paille de riz» de Camargue reste indicative. Du fait des extrapolations effectuées et des hypothèses émises. De plus, la modélisation reste ciblée sur la possibilité ou pas de pénétrer dans les rizières pour exporter les pailles. Par ailleurs, l'état général des pailles de riz (humidité, propreté, ...) n'est pas prise en compte.

Les caractéristiques du matériel pour exporter ou enfouir la paille de riz doivent également être considérées.

En conclusion, ces résultats restent dépendants de l'organisation et des pratiques des riziculteurs, du choix du mode de gestion des pailles de riz, préférentiellement orienté à ce jour, vers le brûlage.





Encadré 2 : 2003, année de la sécheresse

En 2003, l'ensemble de l'agriculture française est doublement touchée par la sécheresse estivale et par le gel qui l'a précédée.

«Si la première pousse d'herbe n'a pas été trop durement touchée par la sécheresse, deux facteurs se sont ensuite cumulés pour produire un déficit fourrager significatif : la seconde coupe a été insignifiante voire impossible, et le pâturage a dû très rapidement être complété par la distribution de fourrages. Ainsi, de nombreux éleveurs se virent contraints de nourrir les animaux au pré depuis le début du mois de juillet. Les stocks constitués sont déjà entamés» explique la DDEA du Cher. D'autres facteurs se cumulent : impossibilité de faire lever les cultures dérobées, faible récolte de paille, mauvaise qualité de l'ensilage de maïs...

Chez de nombreux éleveurs, la pénurie fourragère est importante. L'une des solutions pour y remédier est l'utilisation de paille dans les rations alimentaires des bovins. Produite dans les régions céréalières, elle sera utilisée en ration d'appoint dans les régions d'élevage touchées par la sécheresse.

La difficulté à laquelle se heurtent les éleveurs est le transport de la paille depuis les zones de production jusqu'aux zones d'élevage sinistrées. La calamité agricole est reconnue et l'Etat a mis en place, dès octobre, une aide exceptionnelle au transport de fourrages (paille, foin, ensilage, maïs pour l'ensilage, pulpe, drêches humides, luzerne déshydratée) et un «plan paille» résulte de l'effort de solidarité nationale.

Grâce à la mobilisation des agriculteurs, de la SNCF et des transporteurs routiers, 350 000 tonnes de paille ont été transportées des zones céréalières vers les zones d'élevage sinistrées par la sécheresse.

En Camargue, lors de la campagne de récolte, une part des pailles de riz a été emballée, sortie des rizières et distribuée aux éleveurs du reste de la France comme litière ou fourrage de substitution au vu des conditions climatiques (sécheresse) et des pénuries associées en pailles de blé (et autres pailles).

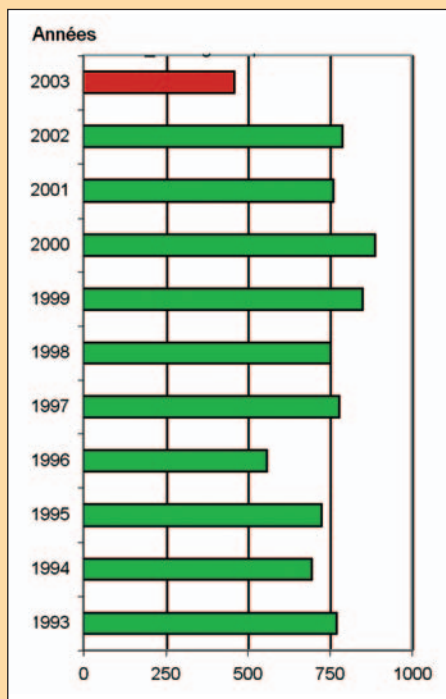


Figure 7 : Comparaison des quantités, en tonnes de matière sèche, de fourrages produits et stockés sur l'unité expérimentale de Mirecourt (herbes, pailles, maïs) - Station Inra.





Gestion des pailles de riz au champ : pratiques mises en œuvre et analyse agronomique

Typologie des modes de gestion des pailles de riz dans les exploitations rizicoles (année 2006)

Trente six riziculteurs (sur un total de 234) de Camargue ont été enquêtés¹ sur les pratiques de gestion de leurs pailles de riz en 2006. Ces enquêtes ont permis d'établir un état des lieux et d'effectuer une typologie d'exploitations, l'objectif était d'identifier des grandes tendances au niveau des pratiques et d'effectuer une description des exploitations rizicoles basée sur le mode de gestion des pailles de riz.

En 2005, le pourcentage de paille enfouies sur les exploitations enquêtées correspond à une surface de 1820ha, sur un total de 4400 ha, soit 41%. Ce pourcentage élevé ne peut être représentatif de l'ensemble du territoire camarguais au vu de l'échantillonnage choisi de manière non aléatoire.

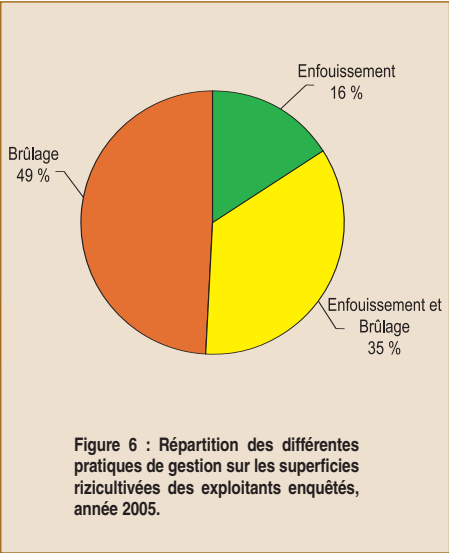


Figure 6 : Répartition des différentes pratiques de gestion sur les superficies rizicultivées des exploitants enquêtés, année 2005.

¹ Enquêtes réalisées par Juliette Peres et Roy Hammond - Inra Montpellier - UMR Innovation

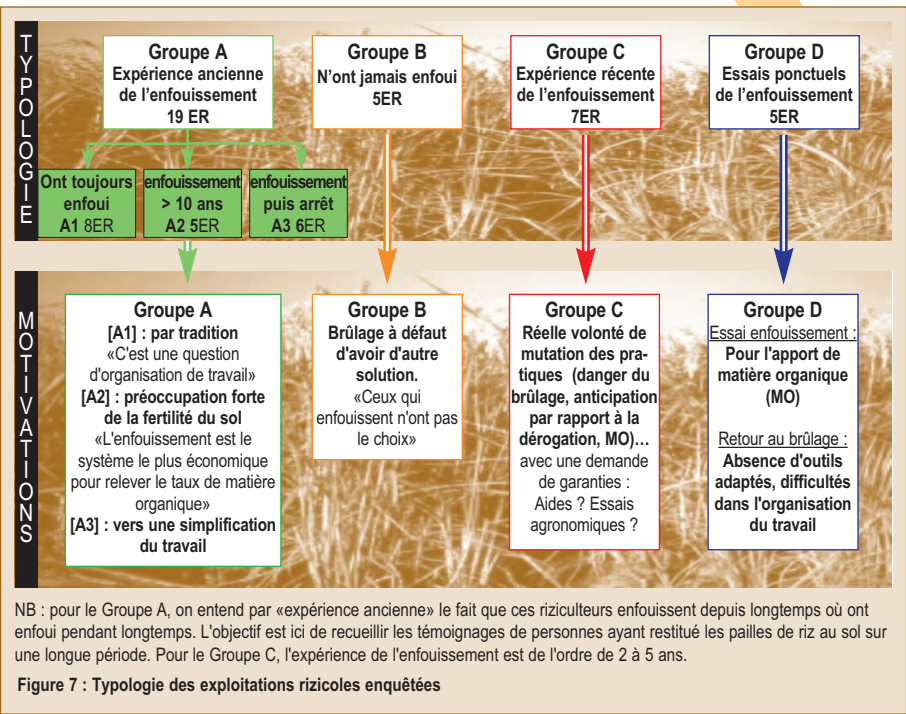


Figure 7 : Typologie des exploitations rizicoles enquêtées

Quelques éléments d'analyse supplémentaires :

Sous-groupe A1 : Ces riziculteurs incorporent leurs pailles de riz au sol principalement par tradition. *«Je n'ai pas l'habitude de brûler»*. La dimension traditionnelle de l'enfouissement peut s'expliquer par le matériel utilisé et conservé au fil des générations (roues cages) ou par une activité comme la chasse passage de roues cages et mise en eau en hiver. Les parcelles concernées sont essentiellement des terres basses, qui ressuient difficilement et où la monoculture de riz est majoritaire ainsi que des parcelles présentant un intérêt cynégétique.



Le facteur principal favorisant le maintien de la pratique d'enfouissement des pailles de riz est l'amélioration notable des engins agricoles durant les 50 dernières années : moissonneuses plus puissantes, broyeurs plus opérationnels... Les riziculteurs citent également une sensibilisation aux impacts du brûlage tel la perte de matière organique «*Tout part en fumée*» ou des préoccupations environnementales (pollutions, ...). La pratique de l'enfouissement est, pour eux, «*une question d'organisation de travail*».



<http://www.bonnaire.org/roues-somac/images/groupe3.jpg>

Encadré 3 : Qui sont ces riziculteurs qui enfouissent 100% de leurs pailles de riz depuis toujours ?

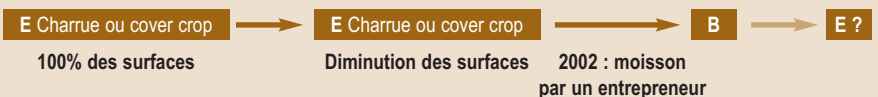
Ils représentent la moitié du sous-groupe A1, soit 4 riziculteurs. Certains enfouissent pour la 20^{ème}, voire la 40^{ème} année consécutive et ce par convictions et tradition. Trois riziculteurs enfouissent en eau, avec les roues cages. Seulement un enfouissement à sec, avec des disques et griffons ou avec la charrue.

Sous-groupe A2 : On note ici une réelle volonté d'améliorer la structure et la fertilité des sols : «*l'enfouissement des pailles (riz ou blé) est le système le plus économique pour redresser le taux de matière organique*». Les facteurs déterminants du choix de cette pratique peuvent être des analyses de sol, révélant des sols carencés. Le perfectionnement des outils favorise également l'adoption de l'enfouissement : «*Avec les nouveaux outils, ce n'est pas aussi contraignant qu'avant*». «*C'est une technique accessible à tout le monde*».

Sous-groupe A3 : Leur principale motivation de retour au brûlage était de simplifier au maximum les pratiques culturales notamment par la réduction du nombre de travaux du sol. Tout cela s'intégrant dans une stratégie d'économie de temps d'une part, mais également de gasoil. Tous ces riziculteurs brûlent aujourd'hui la totalité de leurs pailles de riz. Toutefois, en allant un peu plus loin dans l'analyse, nous avons pu mettre en évidence que certains seraient prêts à revenir à la pratique de l'enfouissement. La trajectoire d'exploitation ci-dessous illustre cette possibilité :

Exploitation rizicole 10 :

«*Ca me fend le cœur de brûler*» - «*Je me demande si je ne vais pas enfouir cette année*»



Cet exploitant semble avoir diminué progressivement la part de ses surfaces enfouies. Le recours à l'entrepreneur en 2002 a définitivement modifié ses pratiques de gestion des pailles. Toutefois, le discours de ce riziculteur laisse transparaître qu'il brûle ses pailles à contre-cœur à cause de ses préoccupations environnementales.

B: Brûlage - E : Enfouissement

Groupe B : 100% des pailles de riz sont brûlées pour toutes les exploitations de ce groupe. Les riziculteurs semblent brûler à défaut d'autres solutions : «*On brûle la paille de riz parce qu'on n'a pas d'autres moyens de l'enlever*» - «*Ceux qui enfouissent ne doivent pas avoir le choix*».

Groupe C : Ce groupe est caractérisé par une forte volonté de modification des pratiques «*Je préférerais broyer et enfouir de partout ; je pense que c'est mieux*» - «*Si c'était possible, on incorporerait tout*». Ces riziculteurs sont réellement convaincus des avantages de l'enfouissement, certains que cette pratique pourra s'étendre sur le territoire camarguais si les résultats s'avèrent positifs : «*Pour l'instant on n'est pas beaucoup à enfouir mais si on voit que ça marche...*». Novices dans cette pratique de gestion des pailles, ils sont en demande de garanties, que ce soit sous forme d'incitation financière ou de données scientifiques : «*Un recul est nécessaire sur l'enfouissement*» - «*L'INRA devrait faire une étude plus poussée sur plusieurs années*». Tous les riziculteurs de ce groupe sont prêts à faire des essais sur leurs parcelles rizicultivées.

La figure 8 présente les raisons du choix de l'enfouissement des pailles de riz. Le caractère dangereux concerne la pratique du brûlage et principalement le brûlage de parcelles situées en bordure de route et ou à proximité des habitations.

Deux riziculteurs évoquent une volonté d'anticiper, notamment par rapport à la dérogation : «*Il y en a qui sont là pour voir, moi je suis là pour essayer*». Enfin, on note également une préoccupation de



l'état des sols : l'enfouissement est cité ici comme moyen d'assouplissement des terres «fortes» (lourdes) et d'apport de matière organique.

Groupe D : Ces exploitants brûlent à ce jour 100% de leurs pailles de riz. Leurs essais d'enfouissement étaient principalement liés à une volonté de redressement du taux matière organique des sols ou d'amélioration de la structure. Les par-

celles concernées étaient donc de deux types : des terres lourdes, argileuses ou des terres sableuses, pauvres en matière organique. Leur retour au brûlage s'explique par des problèmes d'organisation du travail (*«Le passage en blé est difficile» - «On ne s'en sort pas»*) mais aussi par l'absence de matériel agricole adapté (*«Nous ne disposons pas des outils adéquats : les machines s'usent vite et consomment énormément» - «En l'absence de mécanique adaptée, je suis trop dépendant de la météo»*).

Lors de cette enquête, il a été demandé aux riziculteurs de donner leur avis sur le brûlage et l'enfouissement des pailles. Les figures 9 et 10 présentent une synthèse des points forts (en vert) et points faibles (en rouge) de ces deux pratiques. Les sujets soumis à controverse sont notés en orange.

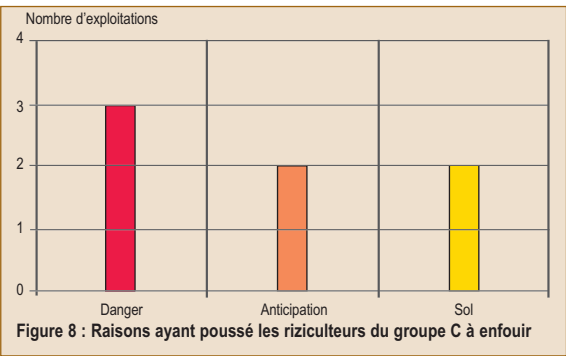


Figure 8 : Raisons ayant poussé les riziculteurs du groupe C à enfouir

ENFOUISSEMENT

Apport de MO

Bonne incorporation, pailles bien dégradées

Diminution des apports en Azote : 20 à 30U

«Depuis que j'enfouis, le taux de matière organique de mes sols est remonté de manière importante»

Amélioration de la structure des sols

Souplesse

«Bonne solution pour les terres lourdes»

«Vous pouvez pratiquement transformer les terres argileuses en sable»

Travail accessible

«Pas plus compliqué que pour le blé»

Aplanissement (roues cages)

Travaux de printemps simplifiés

Pas de contrainte météorologique

Quel effet sur les adventices,

les champignons et les maladies ?

Y a-t-il une bonne dégradation des résidus ?

Matériel adapté ?

Coût

Broyage entrepreneur (15 à 30€ sup. /ha)

Usure des coupeaux

«Mais au final, ça ne change pas grand chose»

Gasoil (15€ sup/ha)

Temps de travail : 5ha/jour (roues cages)

Passage en blé difficile

Variété précoce - assec quand le riz est presque

à maturité moisson 15 jours après - charue

Le sol sèche moins vite (enfouissement à sec)

S'il pleut : mauvaise aération du sol, travail des

terres difficile

Danger (Roues Cages)

Encadré 4 : Atouts et contraintes de l'enfouissement recensés lors de l'enquête 2006

Le principal avantage de cette pratique réside dans l'amélioration des qualités des sols, tant au niveau de la structure (souplesse des terres, travail du sol plus facile, ...), qu'au niveau de la fertilité (analyses de sol réalisées par les riziculteurs). En ce qui concerne ce dernier point, certains riziculteurs enquêtés ont pu, au bout de 5 ans d'enfouissement, réduire leurs apports azotés de 20 à 30 Unités (apport de base de 150U). Ces témoignages corroborent les données bibliographiques de Californie (encadré 5).

La pratique de l'enfouissement est intégrée dans l'organisation du travail des riziculteurs concernés sans poser de problème particulier. Elle reste toutefois coûteuse, qu'il s'agisse du gasoil (surconsommation des moissonneuses due à la présence du broyeur), du temps de travail ou de l'usure du matériel (silice de la paille de riz abrasive).

De même, le passage à la culture suivante, notamment lorsqu'il s'agit d'un blé, peut s'avérer difficile : la période disponible pour l'enfouissement à sec entre la fin de la récolte du riz et le semis du blé (approximativement mi-novembre) peut en effet être courte. Cela sous-entend la mise en place de mesures particulières pour la culture du riz : choix de variétés précoces, assec le plus tôt possible sans altérer le rendement usinage,... Et la nécessité d'avoir de bonnes conditions climatiques.

La technique des roues-cages (enfouissement dans l'eau) apporte une souplesse au niveau du calendrier de culture du fait qu'elle ne dépende pas des conditions météorologiques. De même, le «nivellement» obtenu avec cette technique appor-

te un certain confort pour les travaux de sol de printemps (économie d'un ou plusieurs passage d'outils). Les parcelles concernées sont menées en monoculture de riz.

Des questions restent encore en suspend, notamment sur l'effet de l'enfouissement sur la pression des adventices et des maladies. La dégradabilité des pailles de riz est également controversée de même que l'existence d'un matériel adapté.



BRULAGE

Moindre coût

«Il n'y a rien de moins cher et de plus simple que de craquer une allumette»

Passage en blé simplifié

Travail du sol rapide après le brûlage

Rapidité

20 à 30 ha en une matinée

Simplicité

«Rapide, simple, efficace»

Quel effet sur les adventices, les champignons et les maladies (*Sclerotium*) ?

Le brûlage demande-t-il beaucoup d'attention ? De vigilance ? De main d'œuvre ?

Dépendance climatique

Si il pleut : reprise des andains nécessaire

Perte de matière organique

«Silice et matière organique partent en fumée»

Impact environnemental

«Ce n'est pas très écolo...»

Sécurité / Danger

Vent, fumée sur les routes...

Encadré 5 : Atouts et contraintes du brûlage recensés lors de l'enquête 2006)

Un témoignage de riziculteur résume les avantages de ce mode de gestion : le brûlage est *«simple, rapide, efficace»*. Le passage à la culture suivant peut se faire rapidement.

Toutefois, cette simplicité se fait au détriment des préoccupations environnementales (pollutions, destruction des lieux de refuge pour la faune,...) et des notions d'agriculture durable. Cette pratique ne permet pas une restitution de matière organique aux sols (même si les chaumes restent au champ), entraînant peu à peu leur appauvrissement.

La dépendance climatique est encore une fois forte : les pailles doivent être bien sèches pour le brûlage. En cas de précipitations, une reprise des andains est nécessaire afin d'aérer les pailles et de favoriser leur séchage. Il est alors nécessaire de s'y prendre en plusieurs fois pour brûler les pailles de riz d'une même parcelle (travail long, fatigant).

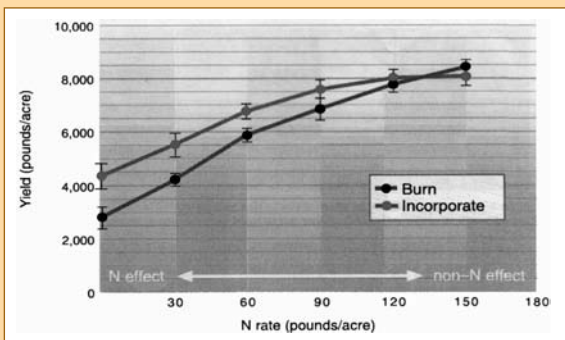
Enfin, les questions de sécurité sont également citées comme contraignantes du brûlage.

L'effet de la pratique sur la pression des adventices et des maladies est, comme pour l'enfouissement, controversé. Les questions de vigilance et de main d'œuvre nécessaire au brûlage sont également discutées : certains riziculteurs estiment que cette

pratique demande du temps et une grande attention, notamment pour contenir le feu (précautions à prendre pour le tour des parcelles, *«ce n'est pas aussi facile que ça de brûler»*), à l'inverse d'autres riziculteurs considèrent que le brûlage reste la pratique la moins contraignante (*«Pour avoir des débordement, il faut le faire exprès», «on met le feu et on s'en va»*).

Encadré 6 : Essais réalisés en Californie

Une étude initiée en 1993 et conduite sur 8 ans par les chercheurs de l'Université de Davis, compare les effets à long terme de plusieurs méthodes alternatives de gestion des pailles (caractéristiques des sols connues). Les 2 premières années d'enfouissement des pailles, une diminution du rendement due à l'immobilisation de l'azote dans le sol est constatée. De la 3ème à la 5ème année d'enfouissement, une augmentation significative du rendement liée à une augmentation de la matière organique du sol et donc de la quantité d'azote potentiellement minéralisable est observée, l'azote organique des sols étant la source principale d'azote disponible pour la plante (50 à 80% de l'azote total assimilé par la plante. Ce phénomène s'accroît si la parcelle est mise en eau en hiver (accélération de la dégradation des résidus de cultures). Après 5 années d'enfouissement, les doses d'azote apportées à la culture peuvent être réduites de près de 30 unités. Le graphe ci-contre illustre ce dernier résultat.



Effets comparés du brûlage et de l'enfouissement sur le rendement selon le niveau de fertilisation azotée (1999) - (1 pound = 453.6g - 1 acre = 0.4 ha)





Analyse agronomique comparée de deux itinéraires techniques mettant en œuvre une gestion des pailles différenciée.

Dispositif et protocole de recueil des informations

Cette analyse est issue du diagnostic agronomique établie à partir d'un suivi agronomique de 25 parcelles rizicultivées sur lesquelles une centaine de variables ont été mesurées au cours de la campagne 2006. Le choix des parcelles résulte d'une participation des exploitants. Il est basé sur des situations culturales permettant une comparaison entre des itinéraires techniques se distinguant par une gestion des pailles différenciée : pailles incorporées au sol ou pailles brûlées. Ce choix prend également en considération la diversité des systèmes de production agricole et des systèmes de riziculture biologique et conventionnelle présents sur le territoire camarguais.

Résultats

Effet du mode de gestion des pailles sur la densité du peuplement à la levée

La figure 9 présente la répartition du nombre de plants de riz et du nombre de mauvaises herbes (MH) au stade 3 feuilles du riz en fonction du mode de gestion des pailles de riz. On observe une densité moyenne de plants de riz relativement élevée (supérieure à 300 plantes/m²) sans que l'on puisse mettre en évidence un effet significatif du mode de gestion des pailles sur cette composante. Le nombre de mauvaises herbes/m² paraît plus élevé lorsque les pailles sont enfouies mais cette différence n'est pas significative.

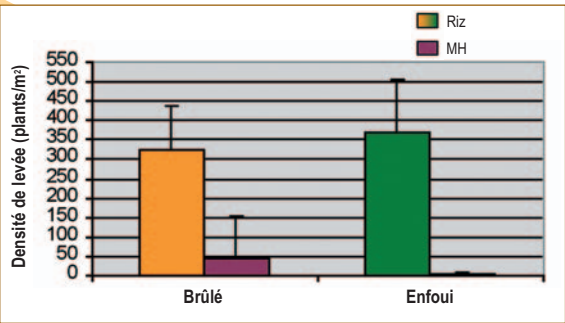


Figure 9. Histogramme de répartition du nombre de plants de riz et du nombre de mauvaises herbes en relation avec le mode de gestion des pailles.

Effet du mode de gestion des pailles sur le rendement du riz

Dans les conditions de nos observations, nous n'avons pas pu mettre en évidence des effets significatifs du mode de gestion des pailles sur le rendement du riz. On a observé une grande variabilité de la biomasse aérienne des mauvaises herbes à la récolte. Seulement la moitié des parcelles du dispositif sont indemnes de mauvaises herbes. La quantité moyenne de biomasse des mauvaises herbes à la récolte apparaît plus élevée sur les parcelles où les pailles ont été enfouies. Cette différence n'est pas significative. Une analyse plus détaillée sera nécessaire pour étudier cette composante du peuplement.

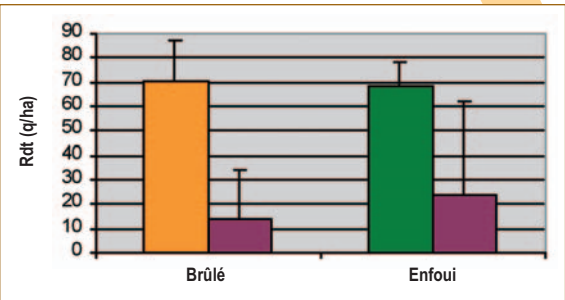


Figure 10. Histogramme de répartition du rendement en paddy et de la biomasse des mauvaises herbes à la récolte en relation avec le mode de gestion des pailles.

Synthèse des observations relatives aux peuplements de riz et de mauvaises herbes

Le tableau de la figure 11, présente une synthèse descriptive des principales caractéristiques des composantes du rendement et des mauvaises herbes en fonction du mode de gestion des pailles de riz. Globalement les valeurs moyennes des principales composantes du rendement ne sont pas différentes. L'hypothèse d'un effet négatif de l'enfouissement des pailles sur la densité de peuplement à la levée n'est pas vérifiée dans les limites du dispositif d'étude. Concernant le taux de stérilité des épillets, on note une grande variabilité entre les minimums et les maximums des valeurs mesurées dans les deux séries d'échantillons. La seule différence observée concerne la biomasse des mauvaises herbes à la récolte avec une grande variabilité des valeurs obtenues dans les deux séries de mesures mais avec des valeurs moyennes et maximales supérieures dans le cas de pailles enfouies.



Composantes du peuplement	Caractéristiques descriptives	Pailles brûlées	Pailles enfouies
Rendement aux normes en q/ha	mini	44,58	40,32
	moy	63,62	59,24
	maxi	81,92	68,56
Nombre de plants de riz / m² à la levée	mini	173	148
	moy	332	369
	maxi	493	593
Nombre de panicules par m²	mini	393	296
	moy	532	548
	maxi	655	830
Poids de 1000 grains	mini	20,80	19,00
	moy	24,10	23,10
	maxi	27,80	27,00
Taux de stérilité en % (nbre de grains par rapport aux nbre d'épillets)	mini	2,40	4,10
	moy	15,30	17,00
	maxi	32,60	30,78
Indice de récolte	mini	0,46	0,42
	moy	0,53	0,52
	maxi	0,60	0,57
Biomasse aérienne des adventices à la récolte (q/ha)	mini	0,00	0,00
	moy	1,20	4,40
	maxi	2,40	12,20

Figure 11. Synthèse des caractéristiques descriptives des composantes du peuplement (riz et mauvaises herbes) en fonction du mode de gestion des pailles.

Analyse comparée des itinéraires techniques mis en œuvre en relation avec le mode de gestion des pailles.

♦ Comparaison des itinéraires techniques

La conception du dispositif d'étude permet une analyse comparée plus approfondie des itinéraires techniques et des pratiques mis en œuvre par des agriculteurs dans des situations comparables qui ne se distinguent que par une gestion des pailles différente. Nous distinguons deux stratégies d'enfouissement des pailles de riz qui paraissent corrélées à la situation topographique des parcelles.

- Sur les terres «basses», hydromorphes, difficiles à ressuyer, la pratique consiste à réaliser un ou deux passages dans la parcelle inondée avec un tracteur équipé de «roues cages». Cette opération effectuée avant ou pendant le mois de janvier permet d'incorporer les pailles et les chaumes de riz dans un sol boueux. La parcelle est ensuite asséchée, et la préparation du sol est effectuée sans toutefois qu'un surfacage soit réalisé. Nous faisons l'hypothèse que le passage des roues cages permet un colmatage satisfaisant des ornières après la récolte sans qu'une intervention avec la lame laser soit nécessaire.

- Sur les terres «hautes», les pailles de riz sont d'abord broyées à la récolte avec une moissonneuse batteuse équipée d'un broyeur. Lorsque qu'il y a un élevage bovin sur l'exploitation, les parcelles peuvent être pâturées pendant l'hiver. Même si les pailles de riz ne sont pas appétentes, il semblerait que les taureaux en particulier en consomment partiellement. Lorsque les pailles ne sont pas enfouies elles sont brûlées quelques jours après la récolte.

♦ Analyse comparée des résultats obtenus par «couple» de parcelles sur le rendement et ses composantes

L'analyse comparée des itinéraires techniques observés dans notre dispositif confirme les résultats préalablement établis à partir de l'analyse globale. Le rendement en grain paddy n'est pas affecté par l'enfouissement des pailles en comparaison du brûlage. La variabilité du nombre de plants de riz à la levée et des mauvaises herbes à la levée et à la récolte paraît indépendante du mode de gestion des pailles de riz.



Conclusion

L'analyse des résultats montre que dans le cadre de notre dispositif nous n'avons pas observé d'effet significatif du mode de gestion des pailles de riz sur le peuplement cultivé (élaboration du rendement du riz et développement des mauvaises herbes). Dans les conditions de nos observations, l'hypothèse selon laquelle l'enfouissement des pailles pourrait affecter la densité de plantes à la levée n'a pas été démontrée. La seule différence sensible entre les 2 modalités de gestion des pailles est observée sur les quantités de biomasse aérienne des adventices à la récolte qui semblent plus élevées dans les situations où les pailles étaient enfouies.

L'encadré n°7 fait état de l'importance du silicium comme élément majeur pour la nutrition minérale du riz. Une hypothèse selon laquelle le mode de gestion des pailles de riz pourrait intervenir sur la disponibilité de cet élément sera vérifiée dans le cadre d'une étude conduite prochainement par une équipe de l'Inra d'Aix en Provence .

Encadré 7 Le point sur le Silicium (Si) en parcelles rizicultivées

Le silicium est le 2^{ème} élément par ordre d'abondance après l'oxygène : c'est un élément constituant des silicates, des argiles et du quartz dans les sols. Dans la culture des céréales, espèces accumulatrices de silicium, la matière sèche se compose de 0,1 à 10% Si.

Identification	SiO2 %	N %	C %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Ariette	6,68	0,485	40,42	0,080	7,096	0,602	0,244	0,334	1,80	161,20	291,50	14,70	7,40
Selenio	6,96	0,631	41,04	0,100	1,852	0,644	0,199	0,096	1,60	168,40	473,40	25,50	6,30
Arelate	6,50	0,393	40,99	0,064	1,083	0,627	0,186	0,313	1,90	154,80	571,10	23,70	5,80

Figure 13 : Analyses de pailles des variétés Ariette, Selenio et Arelate, récolte 2007 (Inra UMR Innovation, Cirad)

Le problème de la disponibilité de cet élément n'est généralement pas pris en compte dans les bilans agronomiques alors que les besoins sont du même ordre de grandeur que les besoins en potassium.

Une étude a été menée en 2004 en Camargue, sur le cycle du Silicium (Si) en riziculture (mesures réalisées du semis à la récolte du riz) par l'équipe de Fabienne Trolard de l'Unité de Recherche Géochimie des Sols et des Eaux de l'Inra d'Aix-en-Provence. La culture du riz est en effet grosse consommatrice de Silicium biogène (320 kg de Si/ha/an contre 250 kg Si/ha/an pour la culture du blé), mobilisable par la plante, conférant à la paille son aspect rigide et abrasif. La figure 12 ci-dessous, présente les différentes formes biologiques du silicium en milieu rizicultivé :

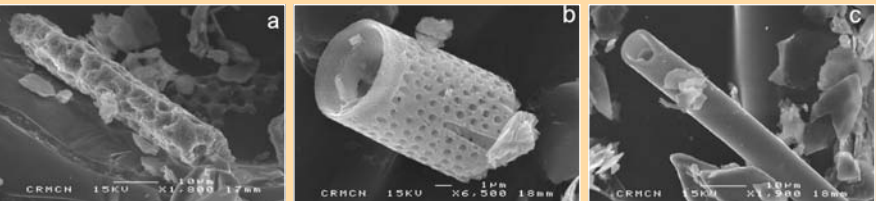


Figure 12 : Si biologique sous forme de : a) Phytolithe de céréales - b) Diatomée - c) Spicule d'éponge (Source : Fabienne Trolard)



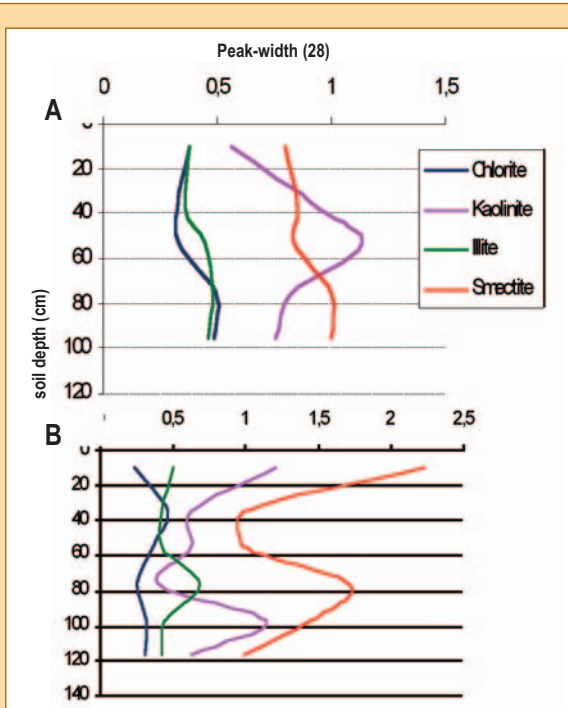


Figure 15 : La largeur à mi-hauteur des pics de diffractions des rayons X est un indicateur du degré de cristallinité des minéraux des sols. Les minéraux argileux en rizière (A) sont plus cristallisés, donc moins biodisponibles, qu'en friche (B).

risque de verse, et de sensibilité à la pyrale), mais également rendre la photosynthèse de la plante moins efficace : Cela se traduit par une baisse du rendement. Le Silicium peut donc être un facteur limitant dans la culture du riz.

Le brûlage permet de restituer du Si au sol mais cet apport par les cendres est ponctuel et est lessivé par les pluies d'automne. A l'inverse, l'enfouissement permet une restitution progressive par le cycle biologique de dégradation. Cependant, il n'y a pas à ce jour, d'analyse sur la dégradation des pailles permettant de quantifier cette restitution. Enfin, il convient d'être vigilant sur l'appauvrissement éventuel en Si du sol lors de l'exportation des pailles.

Une méthode d'analyse quantitative du Si dans les végétaux a pu être élaborée par le laboratoire USRAVE de l'Inra de Bordeaux en 2006. L'Inra d'Aix s'est intéressé aux minéraux présents dans les argiles du sol, avec une comparaison de deux parcelles attenantes, l'une en riziculture et l'autre en friche. Quatre types d'argiles, présentant des degrés de stabilité et de cristallisation différents (illite, kaolinite, chlorite et smectite), ont été quantifiées par rayons X (figure 14).

Il apparaît que les argiles dans la rizière sont davantage cristallisées et stables, par rapport à celles de la friche : le Si est devenu moins mobilisable par les végétaux dans la parcelle rizicultivée (par rapport à la friche).

Un déficit en Silicium peut jouer sur la rigidité de la tige

(avec une augmentation du





Conditionnement et exportation des pailles. Simulations des chantiers et estimations des coûts

Problématique

Le Cemagref (UMR Itap) était plus particulièrement chargé au sein de l'équipe-projet d'étudier les conditions techniques et économiques d'exportation des pailles, avec une première phase de veille et d'analyse puis une étude de scénarios techniques.

Les deux problèmes identifiés au début de l'étude étaient d'une part la nécessité de botteler une paille suffisamment sèche, d'autre part de pouvoir réaliser le bottelage alors que la portance des terrains peut être insuffisante et que la récolte du riz peut, suivant le type de sol et de matériel peut avoir causé des ornières.

Au cours de l'étude, nous avons pu constater que l'extraction des pailles sur terres dites «hautes» est souvent possible et que, pour les terres basses ou moins portantes, des solutions techniques sont à portée des fournisseurs d'équipements, moyennant des adaptations. Le Cirad a bien étudié l'intérêt des pneumatiques basse pression. Des adaptations au niveau des essieux pourraient également être utiles. Des suggestions d'adaptation de matériel sont formulées à la fin de ce chapitre.

En 2007, le climat a été favorable à l'extraction des pailles avec des presses dites à «haute densité», y compris sur des terres assez basses. Dans ce contexte, pour l'étude des scénarios techniques, nous avons considéré que l'extraction était souvent possible sur une surface significative. Nous avons comparé l'impact du coût de différentes solutions techniques de bottelage en dialoguant avec des riziculteurs et des entrepreneurs. Une étude théorique des productivités à été réalisée. Nous en donnons ci-après une synthèse, suivie d'un exposé succinct des calculs pour chaque cas envisagé.

Synthèse des estimations de coût

Les simulations décrites ci-après sont des résumés extraits des 3 études détaillées réalisées par le Cemagref.

La première simulation porte sur l'extraction de la paille en balles parallélépipédiques haute densité. C'est le seul procédé utilisé par les ETA (Entreprise de Travaux Agricoles) qui ont bottelé en 2007. Du fait de sa densité et de ses dimensions, c'est le format de balles le plus économique pour les transports routiers.

La deuxième simulation porte sur l'extraction de la paille en balles parallélépipédiques moyenne densité. Ce procédé d'extraction peut être considéré comme obsolète mais nous avons réalisé cette simulation car il permet d'obtenir des balles dans un format directement utilisable pour la construction.

La troisième simulation porte sur un chantier à poste fixe de reformatage des balles. Il s'agit de convertir des balles parallélépipédiques haute densité, telles qu'extraites du champ, en balles parallélépipédiques moyenne densité. Ce procédé permettra de stocker et transporter économiquement la paille de riz puis de la reconditionner au format moyenne densité au fur et à mesure des besoins du marché.

On obtient le comparatif suivant :

Méthode	Coût de revient théorique / tonne	Equipement nécessaire
Paille en balle haute densité (HD)	17 €	1 presse botteleuse HD, 1 chargeur au champ, 2 attelages tracteur/remorque, 1 chargeur sur lieu dépôt
Paille en balle moyenne densité (MD)	52 €	1 presse botteleuse MD, 2 remorques auto-chargeuses, 1 chargeur frontal à fourche sur lieu dépôt
Surcoût de conversion haute densité vers moyenne densité	21 €	1 chaîne de repressage SAMRO AG, 1 chargeur télescopique à fourche

Figure 14 : Comparatif des trois simulations



Le coût de revient théorique de 17 €/tonne en haute densité est cohérent avec un prix observé facturé par l'entrepreneur, à savoir 25 à 30 €/ tonne.

Selon ce qui a été observé dans les transactions avec des éleveurs distants de quelques centaines de km en pénurie de paille cet été, on peut espérer, à l'heure actuelle, un prix de vente conditionnée-livrée de 60 à 95 €/ tonne. S'il faut prélever 30 €/ tonne de transport longue distance, la valorisation disponible pour le riziculteur dans un tel contexte reste modeste.

Il faut par ailleurs rappeler qu'en 2007, on estime à 10 000 tonnes la quantité de paille exportée.

Ce qui permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le conditionnement en balle moyenne densité (MD), lorsqu'il est souhaité par l'acheteur-utilisateur, doit être valorisé pour permettre une rétribution du riziculteur. Avec une hypothèse de 1 à 1,5 € / balle MD, soit 50 à 75 € / tonne, on couvre à peine le coût, alors qu'il faudrait envisager une rétribution du riziculteur et des intermédiaires (stockage, négoce, transport).
- Tant que l'extraction des pailles pour valorisation hors champ reste minoritaire, un négociant a toutes les chances d'assurer son approvisionnement en balles haute densité en ayant passé des accords avec les riziculteurs. A l'inverse, l'élaboration du prix à payer au riziculteur devrait, pour un développement pérenne, tenir compte des éléments suivants :
- Rétribution du riziculteur, en compensant au minimum le différentiel de fertilisation qui pourrait être obtenu par enfouissement.
- Conséquences du non-bottelage d'une parcelle réservée à cet usage, et qui n'aurait pas été ramassée par un ETA pour diverses raisons (parcelles plus faciles à proximité, pluies, etc.).
- Le coût du transport étant très significatif, il est clair que les circuits courts sont à préférer dans le marché actuel, ce qui suppose a priori la mise en place d'initiatives collectives.
- Un complément d'étude devrait chiffrer des coûts de stockage selon des hypothèses de circuit long ou court, et suivant les usages de la paille.
- La confection de balles MD par reconditionnement de balles HD est, théoriquement et économiquement préférable (38€ / tonne au lieu de 52). Cette hypothèse serait favorisée par un instrument collectif de stockage sur lequel la chaîne de repressage pourrait être installée.

L'extraction de la paille de riz des parcelles : premières conclusions

Mode d'extraction préconisé

L'observation de chantiers de bottelage pendant la campagne 2007 et les simulations précédemment étudiées nous amènent à la conclusion suivante :

Le bottelage de la paille de riz en balles parallélépipédiques haute densité nous paraît être la seule solution économiquement et industriellement envisageable dans l'état actuel de la technique et ce pour les raisons suivantes :

- Par rapport aux formats de balles rondes (*) ou moyennes densités le format haute densité est le plus économique à transporter sur de moyennes ou longues distances.
- Le bottelage de la paille en HD permet, vu le débit de la ramasseuse-presse et à condition de mettre les moyens adéquats en terme de matériels de manutention/transport, d'extraire et de mettre hors d'eau rapidement les balles de pailles. Ceci est très intéressant vis-à-vis du risque météorologique.





- C'est également le plus économique en termes de stockage sous abri : la densité de la balle minimise la surface couverte nécessaire.
 - Les balles HD ont une excellente tenue mécanique dans le temps, ce qui permet des stockages de longues durées, voire des reprises pour de nouvelles destinations.
 - Alors que le baril de brut dépasse les 125 \$, les pailles sous produits des céréales deviennent économiquement de plus en plus compétitives en tant que biomasse-énergie et le format de balles HD est techniquement tout à fait adapté aux chaînes d'alimentation de brûleurs des chaufferies industrielles actuelles.
 - Le format HD pourrait être plus problématique pour la construction. Certains architectes ont réfléchi à des systèmes constructifs avec balles HD mais le format MD reste le plus usuel, notamment du fait de l'auto-construction. Pour des utilisations ponctuelles localisées dans le delta du Rhône, on peut envisager un bottelage à la parcelle avec des ramasseuses-presses MD qui existent encore en nombre probablement suffisant dans les exploitations ou chez les ETA locales. Par contre, si le marché de la construction paille s'intensifie, la solution industrielle sera à rechercher dans un système de reformatage. Le reformatage à proximité d'une zone de stockage permettrait d'approvisionner la construction en fonction des besoins saisonniers du marché.
- (*) l'extraction en balles rondes n'a pas été traitée par le Cemagref dans le cadre de cette étude, car elle nous a paru inadaptée à la problématique de l'extraction de la paille de riz :
- Les balles rondes ont une densité inférieure à celle des balles HD, d'où des coûts de transport et de stockage supérieurs.
 - Elles ont une moins bonne tenue mécanique, ce qui limite leur transport longue distance et leur reprise éventuelle.
 - À notre connaissance, ce procédé de bottelage n'est pas utilisé en Camargue actuellement - il fut cependant utilisé pendant la sécheresse de 2003 mais il s'agissait des éleveurs du Massif Central qui étaient descendus avec leur propre matériel de bottelage.

Adaptabilité des matériels existants

Toutes les grandes firmes d'agroéquipement proposent des gammes de ramasseuse-presse HD adaptées au bottelage de la paille de riz. Seuls les modèles Très Haute Densité sont pratiquement inutilisables dans les rizières du fait de leur poids (jusqu'à 13 tonnes avec 2 balles façonnées dans le canal d'expulsion) et de leur manque de manœuvrabilité.

Compte tenu des technologies différentes utilisées, il y a probablement des modèles plus sensibles à l'usure due à la paille de riz mais par manque de retour d'expérience, ils sont impossibles à identifier actuellement.

La campagne 2007 a été très favorable en terme climatique et les matériels ont pu manœuvrer dans les parcelles sans problèmes particuliers. Pour des saisons davantage « pluvieuses », on peut envisager des adaptations mineures des matériels pour améliorer leur portance et le ramassage de l'andain.

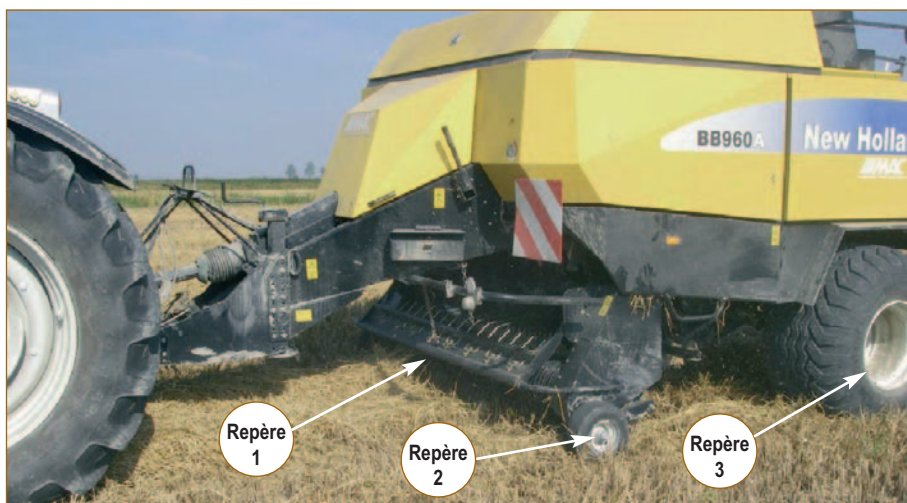


Figure 15 : Localisation des adaptations envisageables



Les adaptations préconisées ci-après sont réversibles et réalisables par les marchands-réparateurs de machines agricoles locaux, voire même par les ETA elles mêmes.

Repère 1 : augmenter (=12 cm) la possibilité de réglage vers le haut du pick-up au travail, pour faciliter la reprise de l'andain de paille sans reprise de terre, surtout sur un terrain meuble dans lequel les roues porteuses s'enfoncent davantage.

Repère 2 : remplacer les roues de jauge du pick-up par des modèles de plus grandes dimensions pour en améliorer la portance.

Repère 3 : idem pour les roues porteuses. Il faut équiper la machine de la plus grande monte pneumatique basse pression prévue par le constructeur, voire même changer jantes et pneumatiques pour des dimensions nettement plus importantes - le facteur limitant sera le diamètre maximum de l'enveloppe compatible avec le passage de roue dans la carrosserie de la machine ; la largeur de l'enveloppe n'est plus un problème avec la nouvelle réglementation routière qui permet le déplacement de machines agricoles de plus de 2.55m de large moyennant une signalisation spécifique.

Les adaptations préconisées visent à améliorer la portance et le franchissement d'ornières par la machine pendant le bottelage de la parcelle. En ce qui concerne la prévention des ornières, il est souhaitable d'envisager la généralisation de la monte de pneumatiques basse pression sur l'essieu arrière des moissonneuses-batteuses, en lieu et place des traditionnelles roues étroites.

Dernière remarque «prospective» : vu l'importance et la valeur croissante du gisement de biomasse paille-énergie français, on devrait voir, dans les prochaines années, réapparaître sur le marché, des ramasseuses-presse HD automotrices dont les rendements de chantier et les coûts de bottelage seraient sensiblement améliorés par rapport à ceux du couple actuel tracteur/ramasseuse-presse.

Mi septembre ces matériels ayant fini le bottelage des autres pailles de céréales (en France), ils seront disponibles pour venir en Camargue et contribuer ainsi à la baisse des couts d'extraction de la paille de riz.





Filières de valorisation hors-champ

Retour d'expériences

L'enquête réalisée en 2006 auprès des 36 riziculteurs comprenait une partie dédiée au recueil de témoignages et de commentaires sur l'exportation des pailles de riz, principalement pour l'année 2003. Deux tiers des riziculteurs enquêtés ont déjà emballé ou fait emballer leurs pailles de riz. Les raisons de «non-emballage» citées sont, pour l'année 2003 : des pailles déjà brûlées, une riziculture concentrée sur des terres basses (où l'exportation est plus difficile à mettre en œuvre), ou tout simplement l'absence de sollicitation de la part des entrepreneurs. Les principaux problèmes rencontrés en 2003 furent liés à la manutention : suite à d'importantes précipitations fin septembre, des bottes de pailles de riz n'ont pas été transportées et sont donc restées en bord de champs. Les exploitants ont dû se débarrasser peu à peu (enfouissement, brûlage) des quantités de pailles résiduelles parfois importantes.

Il a été souligné que l'extraction et l'emballage des pailles de riz sont des pratiques qui restent coûteuses, notamment du point de vue de l'usure du matériel (presse). Malgré tout, un quart des riziculteurs enquêtés seraient prêts à (re)tenter l'expérience s'il y avait des débouchés intéressants et si une organisation collective se mettait en place (équipement, manutention, ...).

En 2003, la faisabilité de l'emballage et de l'exportation n'a pas été remise en cause : «ça s'emballait bien» - «ça a été rapide». De plus, la majorité des riziculteurs rencontrés s'accordent sur un point : «si c'est économiquement intéressant, on arrivera toujours à sortir la paille» - «il y aura toujours une certaine quantité de pailles à sortir chaque année». La présence de filières rémunératrices pour les riziculteurs sera donc naturellement déterminante du choix de cette pratique.

L'exportation, comme nous l'avons déjà indiqué, serait préférentiellement réalisée sur les terres hautes, sur sols drainants, qui ressuient rapidement. De plus, à la variabilité pédologique entre les exploitations rizicoles vient parfois s'ajouter une certaine hétérogénéité au sein d'une même exploitation. Face à l'engagement des riziculteurs et des entrepreneurs au niveau du matériel, du temps, etc... les filières devront donc, dans la mesure du possible, rester économiquement intéressantes, même si l'exportation ne concerne pas la totalité des superficies d'une exploitation : «l'investissement pour 20% de nos parcelles doit valoir le coup».

Enfin, sortir les pailles de riz des parcelles sous-entend des conditions météorologiques particulièrement propices : un temps sec et la présence de mistral permettent aux pailles et aux sols de sécher rapidement. La pluie reste l'élément majeur à prendre en compte : la vitesse d'exécution des chantiers est primordiale. De même, la manutention, la logistique sont des points critiques de la réussite de l'exportation des pailles de riz dans le cadre de la mise en place de filières de valorisation : le stockage des pailles dans un endroit «propre», à l'abri des intempéries pourrait pallier les problèmes rencontrés en 2003. De plus, la mise en place de filières sous-entend une certaine quantité de pailles valorisables chaque année. Stocker les pailles de riz permettrait de remédier, en partie, à la question de la disponibilité du matériau d'une année à l'autre. Le choix des filières retenues devra toutefois prendre en compte le risque de «non-disponibilité» des pailles de riz (filière utilisant la paille de riz au même titre que d'autres pailles, etc...).

En 2007, année particulièrement propice à l'emballage, environ 10 000 tonnes de pailles de riz ont été exportées. L'un des objectifs de notre prospective était l'identification de porteurs de projets, d'acteurs de filières, pour lesquels l'utilisation de cette paille présente un intérêt. L'accent devait être porté, dans la mesure du possible, sur des filières courtes, locales, susceptibles de mettre en valeur le territoire camarguais. Après quelques mois, nous disposions d'un panel assez large de voies de valorisation potentielles, issu des enquêtes de 2006 (retour d'expérience d'exportation des pailles de riz) et de la prospection réalisée (figure 16).



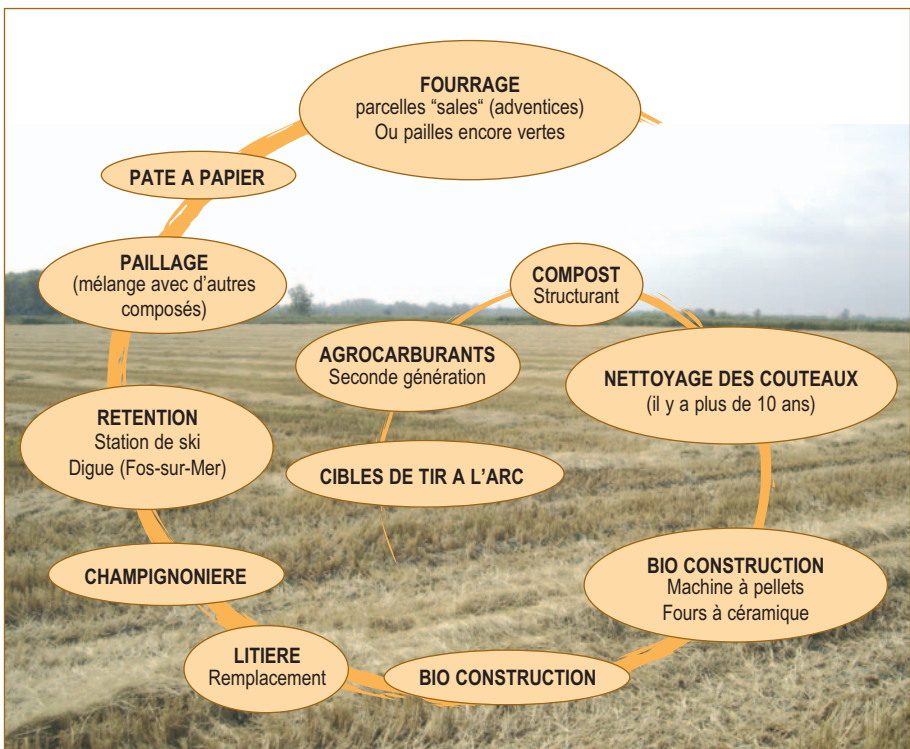


Figure 16 : Diversité de valorisation possible de la paille hors-champ

Un premier filtre a été apposé afin d'écarter les utilisations très ponctuelles ou celles liées à des filières à ce jour révolues (digue, rétention d'avalanches, champignonnière, cibles de tir à l'arc...). Les filières dites « en veille » (cf encadré n°8) ont également été retirées : ce sont des utilisations qui présentent un intérêt mais qui sont, à ce jour, encore freinées dans leur développement.

Les différents acteurs, utilisateurs éventuels, ont pu, lors de diverses rencontres et réunions de travail, présenter aux riziculteurs la place potentielle de la paille de riz au sein de leurs activités.

La mise en place de quatre filières nous semble actuellement envisageable : l'utilisation des pailles de riz pour : l'élevage (litière et alimentation animale), la bioconstruction, la biocombustion et la fabrication de pâte à papier.





Encadré 8 : Les utilisations dites «en veille»

Le paillage ou mulch :

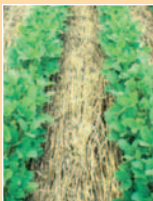


Photo : Dr. Aref Abdul-Baki

Un riziculteur enquêté en 2006 évoque la réalisation de paillages de culture avec de la paille de riz en mélange avec d'autres composés. Aucune donnée n'est disponible en France sur l'utilisation de pailles de riz en mulch ou comme agent anti-érosion. Il serait intéressant de pouvoir mener des essais sur le territoire camarguais, notamment en maraîchage. Listel, qui pratique l'enjoncage en inter-rang des vignes (joncs secs piqués dans le sable) pour éviter l'érosion des sols, serait éventuellement intéressé par de plus amples informations sur les pailles de riz, voire, à plus long terme, par la mise en place d'essais.

Les agrocarburants :



www.choren.com

Les pailles de riz sont concernées par les agrocarburants de seconde génération, à savoir les carburants obtenus à partir de matériaux riches en cellulose, actuellement difficiles à exploiter (résidus de cultures, bois, ...). En France, on ne dispose pas à l'heure actuelle de technologies permettant la conversion industrielle de la biomasse lignocellulosique en carburant. La première raffinerie européenne, au stade de pré-industrialisation, se trouve en Allemagne (entreprise CHOREN). Les données disponibles sur le sujet indiquent que pour être rentable, une telle usine doit transformer environ un million de tonnes de matière sèche par an. Or, en Camargue, le gisement potentiel est au minimum vingt fois inférieur. De plus, les procédés sont, à ce jour, «monospécifique» : la combinaison de différents types de matériaux lignocellulosiques (pailles de riz en mélange avec une autre paille par exemple) n'est pas encore testée.

Le compost :



www.terra-sol.fr



Cette activité nécessite des co-produits (pailles de céréales, lavandes, déchets verts issus des collectivités, ...) pour structurer le compost des boues d'épuration, les ligneux permettant l'aération du compost. Le compostage commun des pailles de riz et d'agents fermentescibles a l'intérêt d'équilibrer le ratio C/N trop élevé des pailles pour un compostage seul des pailles. Deux principaux acteurs de cette filière, ayant déjà utilisé la paille de riz, ont été rencontrés : Terra Sol et SEDE Environnement.

Comme le montre également le projet BIOCOMPOST en Espagne, l'utilisation des pailles de riz ne pose pas de problème au niveau du process, aucun traitement préalable n'est nécessaire. Dans le cas des pailles en vrac, l'absence d'indésirable (cailloux, ficelles, plastiques,...) permet également d'économiser la phase de criblage (2.25€/tonne). Toutefois, l'emploi des pailles de riz nécessite une modification du ratio pailles/boues lors du compostage (1 mètre cube de boues pour 4 mètres cubes de pailles de riz au lieu de 2.5 à 3 mètres cubes pour les structurants de base). Les pailles de riz restent en effet moins structurantes que certains autres co-produits.

De plus, dans le cas d'enfouissement des pailles de riz, l'apport de compost pourrait aider à la dégradation des pailles. Celles-ci sont en effet des produits carbonés demandeurs d'azote. Le compost fini, de par ses propriétés physiques et agronomiques, entraîne l'augmentation de l'activité microbienne du sol et donc favorise la dégradation des pailles. L'épandage permettrait également d'alléger les sols argileux et d'améliorer le taux de matière organique des sols sableux.

Cependant, la principale limite à leur utilisation est l'entrée payante des structurants sur le site pour traitement. Cette filière ne serait donc pas rémunératrice pour les riziculteurs.

Terra Sol évoquait la possibilité de mettre en place une plate forme de compostage en Camargue. Au-delà d'une capacité de production de 1t/ jour restant en deçà de 10t/jour, une telle structure pourrait avoir le statut de «compostage à la ferme», moins contraignant qu'une structure de plus grande capacité de production.



www.sede.fr

FILIERES									
ELEVAGE					BIOCONSTRUCTION				
	Litière (éleveurs)	Alimentation animale (Deshy Drôme)	panneaux composites (Bix développement)	Pailles balles (S Singer, Approche paille)	Grosses balles (J.C. Marchal)	Biocombustion (Réka)	La compagnie du riz (MP TOSI)		
Produit fini									
	60 à 95 / t (2007)	80 à 130 / t	environ 40 le m2	?	Maison à 100 000 - 120 000	130 / t (pallats deshy Drôme)	3 / feuille de 20 x 26		
	En mélange (paille de blé)	En mélange (pailles de blé, orges)	Fibres de pailles en mélange (matières plastiques)	Comme telle (petites balles)	Comme telle (grosses balles)	Comme telle, en balles ou en palets	Paille utilisée après coupe et cuisson		
Plus value de la paille de riz	Diversification de leur débouchées Mise en place d'une litière transparente	Protéines brutes (20 % de plus si mélange paille de riz et paille de blé seule)	Remplacemnt de la farine de blé (caré et autres) ECO-CONSTRUCTION	Isolation acoustiques, thermique (déplacement de la paille) ECO-CONSTRUCTION	Isolation acoustiques, thermique (déplacement de la paille) ECO-CONSTRUCTION	Non précisé	Projet de terroir		
	120 x 90 x 240 cm (moyenne haute densité) entre 400 et 500 kg	120 x 90 x 240 cm (moyenne haute densité) entre 400 et 500 kg	Big bag de fibres de pailles de riz	35 x 45 x 80 à 100 (moyenne densité) 15 kg	47 x 80 x 180 à 220 cm (petite haute densité) 100 kg et 35 x 45 x 100 cm	maximum 120 x 120 x 250 cm (très haute densité) + ou - 500 kg	35 x 45 x 90 (moyenne densité) 15kg		
	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Paille micronisée	Pas d'exigence	Pas d'exigence	Pas d'exigence	10 cm sauf pour le papier vergé		
Qualité de la paille	10 à 20 %	optimal < 12 % toléré < 14 %	12 %	optimal 15 % toléré 18 %	La plus sèche possible	15 %	Le plus sec possible		
	Pas d'exigence si le fumier est composté par la suite. Le moins possible si le fumier n'est pas composté	Pas d'exigence	Pas d'exigence	adventices < 0,5 % grains restants < 0,4 %	Le moins possible	Pas d'exigence	Pas d'exigence		
	1 t de pailles → 11 de litière (alternance des paillasses : un paille de riz, un en paille de blé, etc...)	1 t de pailles → 970 kg de palets	11 de fibres de pailles → 2 t de planches (50 % de fibres de paille dans les planches)	10 à 15 t de pailles → 1 maison (2 boîtes pour 1 m2 de mur et 700 à 100 boîtes pour une maison) une 10 aie de tonnes de paille pour une maison de 100 m2 (approche paille)	121 de paille → 1 maison de 100 m2 (120 balles (47 x 80 x 200) : 50 unités (murs) et 55 unités (isolation) soit 105 unités majorées à 120)	0,260 kg / KW (Pour des chaudières de 100 kw à 4000 kw)	15 kg → 640 feuilles 20 x 26 ou 320 feuilles 25 x 38 (15kg → 110 feuilles de format 20 x 26 de papier vergé)		
Prix et quantité	Commercialisation : 2000 à 2500 t de pailles / an dont 1200 à 1500 t du négoce. Dont 500 à 600 t de pailles de riz (2007)	2006 : 200 t 2007 : 0 t (prix)	2500 à 6000 t de fibres / an	si certification CSTB : 1500 à 3000 t / an 100 à 200 unités (maisons) / an Sinon : ponctuel	Inconnue	Quantité en fonction des chaudières locales	Inconnue		
	60 / ten bord de champ et 0 à 20 / ha en ardan pour l'entrepreneur (Pailles de blé ou orge : 38 à 65 / t rendue au client et développement des Monts de la Maderne)	60 / t rendue chez le transformateur	170 / t (minimum) pour les fibres rendue chez le transformateur	Allemagne (paille certifiée) : 140 / t + transport (Balle de 35 x 45 x 80 (11 kg) : 1,50 + transport)	80 à 120 / t rendue sur le chantier	Paille de blé : 35 - 40 / t rendue chez l'utilisateur (ex : commissariat de l'énergie atomique)	2 / balle de 15 kg rendue à la Cie du riz		
	2 entreprises de négoce (saône et Loire - Cher) pour le blé et l'orge	Prestataire de pressage et stockeur	Non	Entreprise de construction en bois	Distance limite pour se fournir en paille : a proximité de Montpellier	Distance limite des intermédiaires 50 km maximum	Non		
Orga	Achat via un intermédiaire	Non	Non	Non	Non	Octobre à avril	Non		
	Saisonnalité des besoins	Non	Non	Non	Non	Non	Non		

Figure 17 : Synthèse des informations sur les quatre filières potentielles de valorisation des pailles de riz du territoire camarguais.



L'élevage :

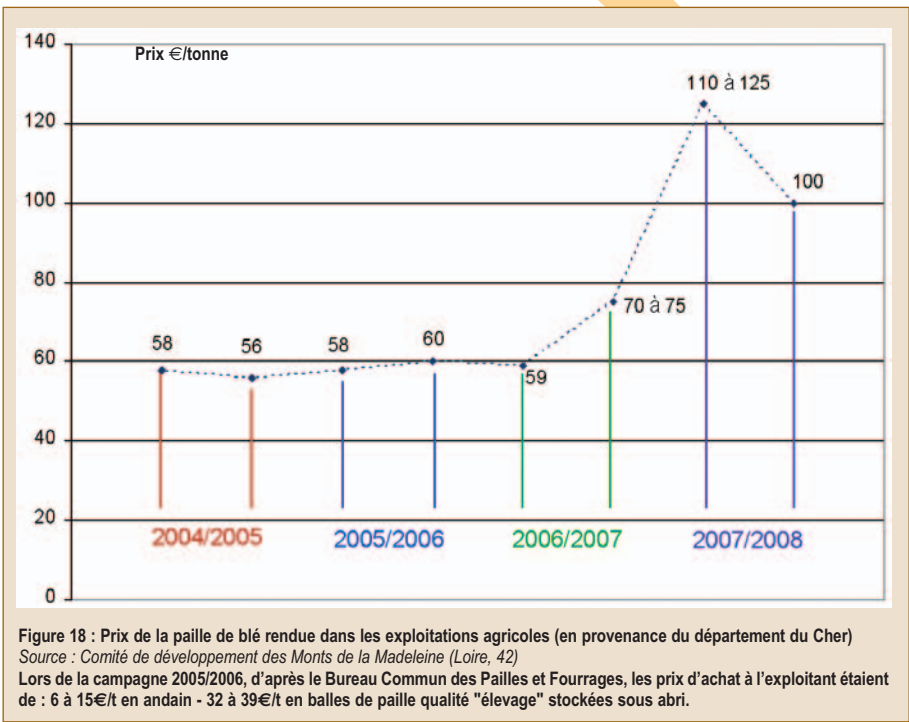
On distingue, pour l'utilisation des pailles de riz en élevage, l'alimentation animale et la litière. En général, les riziculteurs interrogés en 2006 ne concevaient pas, a priori, une valorisation en élevage, notamment du fait du caractère siliceux de la paille de riz : «ça ne vaut rien en litière ou alimentation».

La litière

D'après les dires des riziculteurs, la présence de silice, rendrait la paille impropre à l'utilisation en litière animale (irritation des trayons, faible pouvoir absorbant, fumier plus lourd, se décomposant moins bien). Cependant, d'autres l'utilisent quand même en remplacement, lorsqu'ils manquent de paille de blé. Une des solutions pour améliorer la qualité de la paille de riz pour la litière serait peut-être de la défibrer (encadré 9).

En 2007, les éleveurs de l'association «Fourrage Forez Madeleine» (Rhône Alpes) ont acheté entre 600 et 700 tonnes de pailles de riz de Camargue via une entreprise de négoce. Compte tenu de son pouvoir absorbant plus modeste, les éleveurs alternent les paillages de paille de blé et de paille de riz. La paille de riz a été utilisée de manière exceptionnelle à cause du déficit en paille de blé. Les éleveurs n'ont pas observé d'irritation sur les animaux mais, le fumier est plus compact et plus difficile à extraire.

Cette association commercialise entre 2000 et 2500 tonnes de paille par an dont 1200 à 1500 tonnes en provenance du négoce. Il leur est à ce jour difficile de prévoir un tonnage annuel précis, l'utilisation régulière de la paille de riz dans sa zone géographique étant conditionnée par la compétitivité de son prix «rendu à l'association» et par la disponibilité en autres types de paille.



La figure 18 présente l'évolution du prix de la paille de blé selon les différentes campagnes de récolte. La montée des prix de la paille de blé en 2007 explique, entre autres, le fait que les éleveurs se soient orientés vers la paille de riz.

Son utilisation permet ainsi aux organismes tels l'association «Fourrage Forez Madeleine» de diversifier leurs sources d'approvisionnement. Ces derniers souhaiteraient mettre en place une filière transparente avec les riziculteurs du territoire camarguais (prix d'achat, prix de vente, etc...).

Si le fumier formé par la litière usagée est travaillé en compost, la présence d'adventices dans les pailles de riz n'est pas rédhibitoire : en effet, lors de la montée en température due à la fermentation, les graines des adventices seraient détruites (c'est le cas pour les adventices présentes dans les pailles de blé). Par contre, si le fumier est simplement stocké en bord de champ et rapidement épanché, il est nécessaire que les pailles soient le plus propres possible afin d'éviter une potentielle propagation des adventices.



Alimentation animale :



Figure 19 : Apport cellulosique sous forme granulés 8mm et plaquettes

SAS DESHYDROME - Combe Roussin - 26530 Le Grand Serre
Tél : 04 75 68 85 16 / Fax : 04 75 68 90 63
Mail : contact@naturelequin.com / Site : www.naturelequin.com

La bibliographie indique que dans certains pays comme le Niger, le Vietnam ou le Mali, les pailles de riz sont utilisées en complément fourrager. Un mélange mélasse-urée peut être ajouté pour augmenter la digestibilité des pailles.

En Camargue, la principale expérience relative à l'alimentation animale remonte à 2003, lorsque les éleveurs du reste de la France, soumis aux pénuries de pailles de blé dues à la sécheresse, ont utilisé la paille de riz comme substitution de fourrage. Certains éleveurs camarguais affirment également que leurs taureaux ou leurs brebis ingurgitent la paille de riz en mélange : par exemple, 10 à 15% de pailles de riz + 10 à 15% de pailles de blé + foin + luzerne. En petite quantité, la paille de riz serait un complément alimentaire possible. En grande quantité des problèmes ont pu être observés sur des bovins. En cas de besoin, ce sont les pailles de riz issues de parcelles « sales » (présence d'adventices) ou les pailles encore vertes, plus digestes, qui sont préférentiellement données aux animaux en fourrage.

Toutefois, l'utilisation de la paille de riz en alimentation animale reste très controversée. Certains riziculteurs soulignent que l'appétence est moindre, que la paille est *«mal acceptée par le bétail»*. Enfin, les faibles qualités nutritives sont soulignées : *«Niveau alimentation animale, ça vaut zéro : c'est de l'eau et de la silice»*. La paille brute apparaît peu valorisable pour l'alimentation animale, toutefois l'élaboration de bouchons de paille servant de substrat à des aliments pour bétail est un piste intéressante.

Encadré 9 : Le point sur la paille défibrée

Le défibrage (à ne pas confondre avec le hachage) consiste à couper la paille dans le sens de la longueur et à la dépoussiérer (2 à 5% de poussière volatile enlevée), l'objectif étant de réduire la paille en brins courts très souples.

Le défibrage avec un broyeur défibreux offre les avantages suivants :

- Réduction de la longueur des brins
- Délignification grossière des fibres
- Eclatement de la cuticule qui enrobe les tissus lignifiés.

Après transformation, la paille est pressée par une presse à coffre et conditionnée en balles, permettant un chargement des véhicules aisé et rapide et un volume de stockage réduit.

En litière, du fait de ce traitement, le produit absorbe environ 4 fois plus qu'une paille classique. De part sa souplesse, la paille défibrée convient parfaitement en litière sur caillebotis. Pour l'élevage avicole (dindes, notamment), une telle litière peut durer 4 mois sans renouvellement ni rajout. Sa très grande absorption permet d'employer moins de tonnage, et donc de diminuer le stockage et la manutention.

En alimentation animale, la paille défibrée peut être utilisée comme complément de rations déficitaires en cellulose ou trop humides pour les ruminants. Le défibrage facilite le transit.

En 2007, pour la première fois, l'entreprise DV Négoce, située en Franche-Comté a acheté 2 000 tonnes de pailles de riz dans l'optique de les défibrer. La paille de riz est utilisée en mélange avec des pailles de blé ou d'orge (2/3 blé ou orge et 1/3 riz). Il semble préférable de transformer la paille de riz dans les deux ou trois mois suivant la récolte. Il faut donc une paille « jeune » et d'une certaine qualité. DV Négoce reste prudent vis-à-vis de la paille de riz : celle-ci abîme d'avantage le matériel et est plus difficile à broyer. De plus, même défibrée, son niveau d'absorption reste inférieur à celui des autres pailles.



Le principal acteur identifié pour cette filière est l'entreprise Dëshy Drôme, spécialisé dans le broyage et la granulation de paille et de fourrage, produits destinés aux distributeurs d'aliments pour bétail. Ils produisent un apport cellulosique (>32% de cellulose) pour ruminants et chevaux sous forme de granulés plaquette ou de granulés 8mm (Figure 19), aussi appelés «pellets», vendus sous l'appellation «Matière Première ®».

L'atout de la paille de riz est son apport en protéine brute : en effet, par rapport à la paille de blé seule, le mélange moitié paille de riz, moitié paille de blé présente 20% de protéines brutes en plus (4.65% de la matière sèche contre 3.89%).

En 2005, 400 tonnes de pailles de riz ont été transformées pour l'alimentation animale, 200 tonnes en 2006 et aucun tonnage en 2007 du fait du prix trop élevé de la matière première. La quantité de pailles de riz potentiellement utilisable par an est donc incertaine et dépendante de la conjoncture économique (prix des différentes pailles). Le prix de la matière première est un facteur limitant de la production annuelle : Pour l'année 2008, 5000 tonnes de pellets ont été vendues, alors que la capacité de production de l'entreprise avoisine les 15 000 tonnes par an. A l'automne 2008, Dëshy Drôme est prêt à racheter de la paille de riz, prévoyant une production de 7 à 8000 tonnes de produits cellulosiques sur la campagne 2008-2009.

La bioconstruction :

Les premières constructions en paille ont vu le jour aux Etats-Unis (Nebraska), quelques années après l'invention de la botteuse, aux alentours de 1850. En France, la plus vieille maison en paille date de 1921. De nombreuses techniques de construction en paille existent (mélange terre pailles, utilisation de bottes de pailles, panneaux composites) correspondant à divers conditionnement du matériau.

Il existe une réelle demande en matériaux biologiques, respectueux de l'environnement. Face à la raréfaction des ressources, des questions se posent quant aux alternatives possibles dans les domaines des «bio-produits», «produits sains», «produits naturels». La bioconstruction s'insère donc naturellement dans un créneau porteur. D'ailleurs, plusieurs riziculteurs interrogés ont déjà été contactés par des architectes intéressés par de petits ballots de paille pour des chantiers de bioconstruction.

Les principales limites au développement de la construction en paille sont de l'ordre réglementaire : le matériau paille ne dispose pas encore d'une garantie décennale (encadré 10). D'autre part, le milieu de l'éco-construction en paille doit faire face à certaines «barrières psychologiques» encore portées par l'opinion publique : sensibilité au feu, attaques de rongeurs, d'insectes, faible résistance en cas d'effraction,... Il faut savoir que la technique de l'ossature bois possède un DTU (Document Technique Unifié), garantie, entre autre, de la robustesse de la structure. Qu'il y ait de la paille, du torchis ou de la laine de verre, une ossature bois construite dans les normes est ainsi très solide au vent, à la pluie, aux intempéries. Les premiers tests réalisés sur le matériau paille en 2004 par le CEBTP (Centre expérimental de recherche et d'études du bâtiment et des travaux publics) et l'association ARCANNE, financés par la fédération française du bâtiment et l'ADEME) donnent de très bons résultats tant au niveau de l'isolation (thermique et acoustique) qu'au niveau de la résistance au feu. La silice présente dans la paille de riz la rend moins sujette au phénomène de pourriture.

Encadré 10 : point réglementaire sur la bioconstruction

En France, pour garantir et justifier de la responsabilité des acteurs, de la garantie de l'ouvrage (décennale) et de l'assurabilité, l'organisation de la codification technique repose sur le concept de mise en oeuvre des produits de construction selon :

- Des techniques traditionnelles (Normes, Documents Techniques Unifiés)
- Des techniques non traditionnelles (ATEx, Avis Techniques, Certification)

Le principal obstacle au développement de la construction en paille, technique non-traditionnelle, est l'absence de garantie décennale. Via celle-ci, les constructeurs garantissent le maître de l'ouvrage, ses ayants-cause et les propriétaires successifs de l'immeuble, pendant dix ans à compter de la réception des travaux, contre les vices et malfaçons pouvant compromettre la solidité de l'ouvrage, affecter l'un de ses éléments constitutifs (ouvrages de viabilité, de fondation, d'ossature, de clos et de couvert) ou d'équipement et rendant l'immeuble impropre à son utilisation normale.

Dans le cas de maisons en paille, ces risques sont donc à la charge de l'auto-constructeur, ce qui explique qu'en France, le développement de telles techniques à plus grande échelle (logements, structures collectives type crèches, etc ...) soit à ce jour freiné, à l'inverse d'autres pays comme l'Allemagne où le matériau paille est normalisé.



La fabrication de planches fibres naturelles composites : BIX DEVELOPPEMENT

La société Bix Développement, implantée à Alès (30), est une filiale du groupe suisse Euribix. Une part de son activité recherche-développement est orientée vers la paille de riz depuis quelques années, pour la réalisation de planches dites «fibres naturelles composites», mélange de 50% de fibres naturelles et 50% de matières plastiques. La demande concerne ici des fibres de paille de riz (4 à 8 mm). Une ligne de micronisation (Figure 90) devrait donc être installée sur le territoire camarguais :

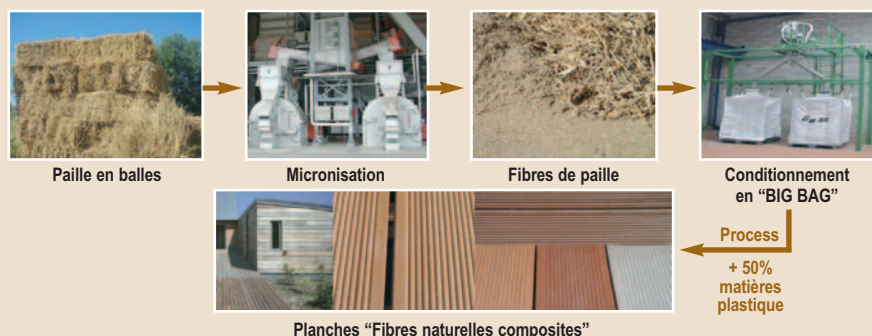


Figure 19 : Des pailles de riz ... aux panneaux composites

L'utilisation de bottes de paille en bioconstruction

Ces techniques concernent, entre autre, les balles dites de «moyenne densité» (petites balles de 35 x 45 x 100 cm pour 15kg) et celles dites de «petite haute densité» (grosses balles de 47 x 80 x 180 à 220 cm pour 100 kg). L'utilisation de grosses bottes de paille permet de s'affranchir du travail manuel, plus long et fastidieux : les bottes sont manipulées et mises en place avec un Manitou.

Les ballots de pailles doivent être sains et bien ficelés, leur stockage est préconisé au sec, sur palette, aéré si effectué sous bâche. La paille doit en effet être la plus sèche possible. Une information des riziculteurs concernant les conditions de stockages est à conseiller : *«l'implication et la motivation du riziculteur seront des éléments décisifs dans la recherche d'une qualité satisfaisante»*, souligne Stefan Singer, architecte. Un stockage réalisé dans de mauvaises conditions peut entraîner une altération de la régularité de la forme parallélépipédique des bottes de pailles. Pour les mêmes raisons, une attention particulière doit aussi être portée lors de la phase d'emballage.

La propreté de la paille est également importante et la question de l'utilisation prioritaire de pailles provenant de l'agriculture biologique se pose également dans certains cas.



Figure 20 : La première maison en pailles de riz de Montferrier-sur-Lez

Dans l'Hérault la collaboration de M. Marchal, architecte, et d'un entrepreneur en bâtiment a permis l'émergence d'un projet original : la conception et la réalisation de maisons écologiques en pailles de riz. Au printemps 2008, un bureau, faisant office de show room et une maison ont ainsi été inaugurés à Montferrier-sur-Lez (Figure 20). Cette initiative illustre parfaitement la dimension territoriale d'une telle filière.

Un cahier des clauses techniques de construction en bottes de paille est en cours de rédaction au sein du RFCP (Réseau Français de Construction en Paille). De même, un AT (Avis Technique) pour la paille en tant que matériau d'isolation est en cours de dépôt par une série de partenaires (dont le RFCP). Luc Floissac, chercheur à l'école d'architecture de Toulouse coordonne un groupe de rédaction de règles professionnelles de construction en paille pour le RFCP.



La pâte a papier



Théoriquement, toute plante fibreuse peut être réduite en pâte et fournir de la cellulose pour la fabrication de papier, mais les contraintes techniques et surtout économiques limitent le nombre d'espèces utilisables. La paille de riz, qui est sans doute la plus difficile à utiliser, présente en plus d'un égouttage extrêmement lent, typique de toutes les pailles, une teneur très élevée en silice, ce qui rend la récupération des produits chimiques plus difficile. M. Petit-Conil, du Centre tech-

nique du papier, indique qu'il est possible d'utiliser la pailles de riz pour la pâte à papier, le grain obtenu étant particulièrement intéressant par sa qualité. Marie-Pierre Tosi est l'un des instigateurs de l'association La Compagnie du Riz qui a pour objectif l'élaboration de matériaux, médiateurs artistiques à partir de sous-produits et co-produits de la filière rizicole. Le principal article à base de pailles de riz est le papier, réalisé de manière artisanale suivant des techniques traditionnelles.

Une telle association participe à la mise en valeur du territoire camarguais et se met en place sans intermédiaire, de gré à gré. Le marché potentiel se situe dans le domaine du loisir créatif et de l'artisanat. Les techniques utilisées étant traditionnelles, elles ne sont pas rentables pour une entreprise du XXI^{ème} siècle.

La Biocombustion

La majorité des données présentées ici sont issues d'une étude récemment menée par l'ADEME : L. Bodineau, J.C. Pouet, ADEME, 2006 : Etude bibliographique sur la combustion de produits issus de culture annuelles (blé, paille, maïs).

La filière biocombustion est à ce jour que peu développée en France, les données disponibles concernent essentiellement les pailles de blé.

L'adoption, le 26 mars 2001, du Règlement Européen autorisant les agriculteurs à cultiver sur jachère des céréales et oléagineux pour chauffer leur exploitation et pour produire des bio-combustibles ou de l'énergie ainsi que l'accroissement des quantités de céréales déclassées offrent un contexte considéré comme favorable au développement de la biocombustion (plante, paille, grains ou bois). Les décisions actées lors du Grenelle de l'environnement, et les récents engagements européens vont dans le même sens : accroître la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie en France. Actuellement, seuls 3% de la production de pailles sont orientés vers la production d'énergie.

La paille peut être brûlée sous différentes formes (figure 21) : balles cylindriques, balles parallélépipédiques, paille hachée, granulés de paille. Cette particularité influe sur le type d'installation à laquelle la paille est destinée.

	Paille hachée	Balle cylindrique	Balle parallélépipédique	Granulés de paille
Dimensions	2-5 cm	1,5 2,5	1,2 1,3 2,4	6-40 100mm
Densité de stockage (kg/m3)	65-80	110-150	150-200	400-600
Aptitude à être transporté	Près -	++	++	++
	Loin - -	+	++	++
Type de chauffage	Foyer à propulsion 1) inférieur 2) supérieur	1) Chauffage avec diviseur à disques 2) Carburateur à paille	1) Brûleur à cigares 2) Chauffage avec diviseur à disques	Installations pour granulés
Gamme de puissance	1) 1MW 2) Tous secteurs	1) > 500 kW 2) 85 - 400 kW	> 1 MW	500 kW
Alimentation du secteur de combustion	Continue	En charge	1) Continue 2) En charge	Continue

Figure 21 : les différentes formes de combustibles des pailles

Le conditionnement de la paille est fondamental. L'expérience acquise par plusieurs constructeurs de chaudières à paille démontre que les défibreurs ou les systèmes de décompactage de la paille ne sont pas suffisants pour éviter les problèmes d'enchevêtrement de la paille autour des vis. Il est absolument nécessaire de couper la paille en morceaux de 5 à 6 cm et, pour cela, d'avoir en amont de l'installation d'un système de broyage.



Les pailles trop longues finissent par former des boules et des fagots, d'où une combustion hétérogène et des pics de monoxyde de carbone (CO). Enfin, une réduction des émissions en sortie de chaudière passe avant tout par un approvisionnement et un lit homogènes.

Les granulés de pailles permettent d'éviter les problèmes de gestion de volume. Leur composition, notamment leur richesse en cellulose, et leur comportement les rapprochent des grains et des granulés de bois. Cependant, certaines différences subsistent : leur teneur en silice reste plus élevée et leur PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) un peu moins bon. De plus, la transformation de la paille en granulés a un certain coût économique et énergétique.

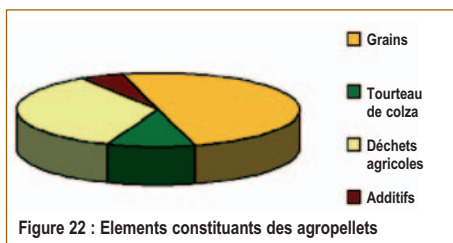


Figure 22 : Elements constitutifs des agropellets

Les «agropellets», (Figure 22) pourraient être une solution intéressante de valorisation de sous-produits ou co-produits agricoles tels les pailles de riz. A ce stade **actuel** de la recherche, ils **représentent une évolution** importante pour les combustibles issus de cultures annuelles.

Les trois principaux enjeux de la biocombustion : la corrosion, la formation de mâchefer et les émissions.

Il est tout à fait possible de réutiliser les cendres produites comme fertilisants, surtout si le soufre et le chlore y ont été piégés (par l'ajout d'additif comme le bicarbonate de soude). La teneur en phosphore (P2O5) et potasse (K2O), ainsi qu'en calcium, magnésium et oligo-éléments (fer, chlore, sodium et silicium) donnant la possibilité de les valoriser en tant qu'engrais.

Les utilisateurs de chaudières à pailles sont encore très rares en France : La toute première installation de chaufferie collective alimentée par des granulés de paille a été inaugurée le 7 février 2008, dans une HLM de la commune de Droué (41) et assure en hiver jusqu'à 70% de la consommation annuelle. «Un hectare de blé fournit 13 fois plus d'énergie que n'en a nécessité sa culture et une tonne de paille restitue 6 à 7 fois plus d'énergie que n'en requiert sa fabrication».

De même, le commissariat de l'énergie atomique de Valduc (Côte d'Or) a été précurseur dans l'utilisation d'une chaudière mixte (à bois et à paille de blé) pour chauffer ses locaux. L'installation devrait permettre l'économie de près de 2 000 tonnes de fuel lourd, l'émission de 6 000 tonnes de CO² et de 20 tonnes de soufre en moins.

La quantité de paille nécessaire par an dépend des caractéristiques des chaufferies locales. Les achats de paille de blé par le Commissariat de l'énergie atomique s'élèvent à 4000 à 5000 tonnes par an (et 1000 à 1200 tonnes de bois par an). Des contrats de fourniture de paille sont conclus sur trois ans avec deux exploitations agricoles pour environ 2000 tonnes de paille par an. L'un des avantages de la filière mise en place en Côte d'Or est le caractère local : «La proximité entre le matériau paille, sa transformation et son utilisation limite les besoins de transports». En effet, quatre sites distants de 5 km environ de la chaufferie permettent le stockage de 5 000 tonnes de paille, soit les besoins annuels de la chaufferie. La chaudière fonctionne avec un stock de 8 à 12 mois, pour éviter toute rupture dans l'approvisionnement. REKA fixe une distance limite de 50 kilomètres pour ses intermédiaires (achat de paille).

Encadré 11 : les questions soulevées par l'exportation des pailles de riz

L'exportation des pailles de riz reste synonyme d'exportation de biomasse et n'apporte donc pas de solution au problème de perte de matière organique identifié dans le cas du brûlage des pailles.

Au niveau de l'itinéraire technique, dans le cas de l'exportation des pailles, l'assec des parcelles devrait être réalisé le plus tôt possible afin que les sols puissent ressuyer. Or, la qualité du grain (rendement usinage) est également dépendante de la date de l'assec : un assec trop précoce engendre une perte de qualité du grain. Une solution envisageable serait de favoriser les variétés précoces et la gestion de l'eau serait donc un point intéressant à approfondir par la suite.

Enfin, il a été justement souligné en réunion que les terres les plus disposées à l'exportation des pailles de riz (terres hautes) sont celles qui présentent des carences en matière organique et où l'enfouissement serait le plus bénéfique. Ceci renforce l'idée que l'objectif n'est pas ici de définir une pratique pour tout le territoire camarguais et que la solution réside éventuellement dans une combinaison raisonnée de plusieurs modes de gestion des pailles de riz.



Conclusions et perspectives

L'étude sur la valorisation des pailles de riz en Camargue réalisée en 2007 et 2008 a permis grâce à la collaboration et à la participation active de l'ensemble des acteurs concernés et de proposer des alternatives possibles au brûlage. Le gisement de pailles représente une quantité moyenne annuelle de 10 000t (sur la base de 18 000ha rizicultivées). Une simulation effectuée en fonction de la topographie des parcelles et des conditions climatiques montre qu'il serait possible d'exporter environ 50% de la paille produite soit 50 000t par an. Une enquête conduite en 2006 sur les pratiques de gestion des pailles de riz montrent que 80% des pailles étaient brûlées le reste était majoritairement enfoui. Pour une majorité des riziculteurs, le brûlage est une pratique simple à réaliser, peu coûteuse et quasiment incontournable si l'on veut installer une autre culture immédiatement après la récolte du riz. En contrepartie, cette pratique est dépendante des conditions climatiques, elle constitue une perte d'éléments nutritifs et peut s'avérer dangereuse à proximité des voies de circulation. Les riziculteurs qui enfouissent les pailles considèrent que cette pratique améliore la structure du sol ainsi que la teneur en matière organique ce qui permet de réduire les apports d'azote. Mais l'enfouissement est coûteux en temps et en énergie, et difficile à réaliser si on veut installer un blé après la récolte du riz. Le diagnostic agronomique réalisé pour comparer les effets du mode de gestion des pailles sur le peuplement du riz a montré dans les limites des conditions de l'étude qu'il n'y avait pas de différence significative sur la densité de peuplement à la levée et sur le rendement du riz entre brûlage et enfouissement. Les itinéraires techniques observés pour incorporer les pailles intègrent un broyage systématique et simultané au moment de la récolte ; Sur les terres hautes l'incorporation des pailles peut se faire à la charrue ou au chisel tandis que sur les terres basses, l'enfouissement dans l'eau avec des roues cages semble mieux adapté. Concernant le conditionnement et les exportations des pailles de riz, le Cemagref a estimé les coûts de différentes modalités de conditionnement sur la base de simulation et de chantiers de récolte observés en 2007. La première simulation portait sur l'extraction de la paille en balles parallélépipédiques haute densité. C'est le seul procédé utilisé par les entreprises de travaux agricoles qui ont bottelé en 2007. Du fait de sa densité et de ses dimensions, c'est le format de balles le plus économique pour les transports routiers. Le coût estimé relatif au conditionnement et à l'extraction des pailles hormis le transport s'élevait à 17€ HT/tonne. La deuxième simulation porte sur l'extraction de la paille en balles parallélépipédiques moyenne densité qui correspond à un conditionnement dans un format directement utilisable pour la construction. Dans ce cas le coût a été estimé à 52€ HT/tonne. Toutes les grandes firmes d'agroéquipement proposent des gammes de ramasseuse-presse HD adaptées au bottelage de la paille de riz. Seuls les modèles Très Haute Densité sont pratiquement inutilisables dans les rizières du fait de leur poids et de leur manque de manœuvrabilité. Compte tenu des technologies différentes utilisées, il y a probablement des modèles plus sensibles à l'usure due à la paille de riz, mais par manque de retour d'expérience, ils sont impossibles à identifier actuellement. La campagne 2007 a été très favorable en terme climatique, les matériels ont pu manœuvrer dans les parcelles sans problèmes particuliers. Pour des saisons davantage «pluvieuses», on peut envisager des adaptations mineures des matériels pour améliorer leur portance et le ramassage de l'andain : les adaptations préconisées visent à améliorer la portance et le franchissement d'ornières par la machine pendant le bottelage sur la parcelle. En ce qui concerne la prévention des ornières, il est souhaitable d'envisager la généralisation de la monte de pneumatiques basse pression sur l'essieu arrière des moissonneuses-batteuses, en lieu et place des traditionnelles roues étroites.





De nombreuses valorisations possibles de la paille de riz hors champ ont été identifiées. La mobilisation des acteurs, leur disponibilité et leur participation dans nos différentes réunions nous ont permis d'analyser quatre filières potentiellement intéressées :

En ce qui concerne **l'élevage** : les conditions climatiques des années 2003 et 2007 ont entraîné une pénurie de ressources fourragères et de disponibilité en paille pour la litière qui ont conduit des éleveurs des zones sinistrées à s'approvisionner en paille de riz. En effet bien que siliceuses et peu appétentes, ces pailles ont été valorisées en particulier par les élevages bovins soit en complément fourragé soit en litière. On notera qu'en Camargue certains troupeaux pâturent pendant l'intersaison sur des rizières où ils consomment progressivement les pailles. Par ailleurs des fabricants d'aliments du bétail sont susceptibles d'utiliser des pailles de riz en mélange avec d'autres types de pailles. En **bioconstruction**, des débouchés apparaissent soit pour la fabrication de panneaux composites ou de parpaings soit pour la construction de maisons en paille. Même si la paille de riz est encore peu utilisée en **biocombustion**, nous faisons l'hypothèse qu'il existe dans ce domaine un débouché prometteur. Enfin, la paille de riz peut être utilisée dans la fabrication de la **pâte à papier**.

Perspectives

L'équipe chargée de l'étude développée ci-dessus s'est appuyée sur un dispositif participatif qui a produit une dynamique porteuse de projet et permettant de proposer des perspectives de recherche et de développement dans deux domaines majeurs.

Valorisation des pailles au champ

L'analyse agronomique ponctuelle qui a été réalisée dans un cadre prospectif montre l'intérêt d'une comparaison dans la durée (4 à 5 ans afin de mesurer les effets cumulatifs) des deux modes de gestion des pailles observés : le brûlage et l'enfouissement. Cette comparaison devra se faire sur la base d'un réseau de situations culturales différenciées et représentatif de la diversité des types de sol et des systèmes de culture. Une démarche d'analyse participative et interdisciplinaire devrait permettre de produire des connaissances sur les effets du mode de gestion des pailles sur le rendement du riz et sur la dynamique d'évolution des facteurs de fertilité bio physico-chimique des sols de rizière (matières organiques, éléments minéraux et silicium en particulier, mauvaises herbes, etc...). Cette analyse agronomique pourra être utilement complétée par une analyse économique des systèmes techniques étudiés.

Valorisation des pailles hors champ

Concernant le conditionnement et l'exportation des pailles, vu l'importance et la valeur croissante du gisement de biomasse paille-énergie français, on devrait voir, dans les prochaines années, réapparaître sur le marché, des ramasseuses-presse haute densité automotrices dont les rendements de chantier et les coûts de bottelage seraient sensiblement améliorés par rapport à ceux du couple actuel tracteur/ramasseuse-presse. Mi septembre, ces matériels ayant fini le bottelage des autres pailles de céréales, ils seraient disponibles pour intervenir en Camargue et contribuer ainsi à la baisse des coûts d'extraction de la paille de riz. Dans cette perspective, des chantiers expérimentaux ayant pour objectif de tester les matériels les mieux adaptés aux conditions de la rizière pourraient être mis en œuvre.

Du point de vue des filières, au niveau de l'élevage, la paille de riz reste un matériau de secours. En cas de pénurie d'autres ressources fourragères, son utilisation en tant que substrat de base à des aliments pour bétail peut être amenée à se développer.

Dans le domaine de la bioconstruction, une démarche de certification ATEX a été envisagée. Elle est déterminante pour permettre une garantie décennale dans le domaine de la construction. Par ailleurs le Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Matériaux envisage d'engager une action sur l'incorporation de la paille de riz dans la fabrication des parpaings pour la construction.

La production de bio éthanol à partir de l'utilisation des pailles de riz devrait faire l'objet d'une action de recherche spécifique

Enfin, la pâte à papier élaborée avec de la paille de riz peut trouver des débouchés dans le domaine du loisir créatif et de l'artisanat.

Coordonnées des différents partenaires cités

Equipe projet :

Inra UMR Innovation

2, place Pierre VIALA
34060 MONTPELLIER cedex 2
Roy Hammond, Christelle MONIER, Jean-Claude MOURET,
Brigitte NOUGAREDES, Christophe SOULARD
Contact : mouret@supagro.inra.fr
Tél : + 33 (0)4 99 61 25 57

Cemagref, UMR Itap

Rue J.F. Breton BP 5095
34196 Montpellier cedex 5
Paul BARBE, Olivier NAUD, Marc ROMBAUT
Contact : olivier.naud@montpellier.cemagref.fr
Tél : + 33 (0)4 67 04 63 70

Parc Naturel Régional de Camargue

Mas du pont de Rousty
13200 ARLES
Contact : Anne VADON, agri.elevage@parc-camargue.fr
Tél : + 33 (0)4 90 97 19 88

Participants

Agronomie

Fabienne TROLARD Directrice
Inra - Unité de Recherche de Géochimie des Sols et des Eaux
Europeôle de l'Arbois - BP 80
13545 Aix-en-Provence cedex 4
Contact : trolard@aix.inra.fr
Tél : + 33 (0)4 42 90 85 41

Biocombustion

Jean-Christophe POUET
Chef du département Bioressources
Direction des Energies Renouvelables, des Réseaux et des
Marchés Énergétiques (DERRME).
Département Bioressources (DBIO).
Contact : jean-christophe.pouet@ademe.fr
Tél : + 33 (0)2 41 20 43 28

Ademe

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
20, Avenue du Grésillé, BP 90406
49004 ANGERS cedex 1

Bioconstruction

Bix Développement

66, rue Romain ROUSSEL
30 100 ALES
Michel FERNANDEZ
Tél : 04 66 86 28 58
Port : 06 99 75 80 86
E-mail : sarlbixdeveloppement@wanadoo.fr

Euribix

3, rue de la boulangerie
C.P. 5557
CH-1211 GENEVE 11
Aymon LULLIN
Tél : + 41 22 317 88 77
E-mail : euribix@bluewin.ch
Luc FLOISSAC
Conseiller en environnement
Chercheur à l'école d'architecture de Toulouse
Coordinateur du groupe de rédaction de règles
professionnelles de construction en paille pour le RFCP
(Réseau Français de Construction en Paille).
Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse
83, rue Aristide Maillol - BP 10629 - 31106 Toulouse cedex 1
mail : luc.floissac@toulouse.archi.fr
sites associés: <http://bee.ouvaton.org>, www.compaillesn.fr

Jean-Marie HAQUETTE

Délégué Régional du Comité National pour le Développement
du Bois
126 rue du cep de vigne
34160 CASTRIES
+33 (0)4 67 16 46 97
mail : jm.haquette@cndb.org

Jean-Christophe MARCHAL

Architecte spécialisé dans l'éco-construction
(ossature bois, paille,...)
Tél : 06 76 88 74 10
mail : jc.marchal@free.fr
Maison en paille de riz : Chemin du Fescau
34980 MONTFERRIER-SUR-LEZ
Stéfan SINGER
Toits de choix
Place du monastère - Franquevaux - 30640 Beauvoisin
Tél : + 33 (0)4 66 73 13 33
Mail : sts4@wanadoo.fr
Site : <http://www.toitsdechoix.com>

Compost

Sede Environnement

Agence d'Avignon
135, Avenue Pierre SEMARD - Bât. D-MIN
84000 AVIGNON SUD
Contac : Solange ROMAN
Tél : + 33 (4) 90 13 30 60
E-mail : s.roman@sede.fr

Terra sol

Parc d'activités de l'Arède – BP 53
30 250 SOMMIERES
Contact : Samuel ROURE
Tél : 04 66 80 95 42
E-mail : roure@terras-ol.fr
Site : <http://www.terra-sol.fr>

Elevage

Association «Fourrage Forez Madeleine»

La Chassagne
42 260 ST-MARTIN LA SAUVETTE
Contact : Lionel BUTIN
Port : 06 25 69 89 60
E-mail : lenoil.nitub@wanadoo.fr

Sas Deshydrome

Combe Roussin
26530 LE GRAND SERRE
Tél: 04.75.68.85.16 / Fax: 04.75.68.90.63
E-mail : contact@naturelequin.com
Site : www.naturelequin.com

DV Negoce

Rente du bois
70100 AUTREY-LES-GRAY
Tél : 03-84-32-32-50
Port : 06-85-31-14-04
E-mail : dvnegoce@free.fr

Pâte à papier

La Compagnie du Riz

6, Chemin de l'Usine d'engrais
13200 ARLES
Contact : Marie Pierre TOSI
Tél : 04 90 96 81 24
E-mail : marie_pierre.tosi@club-internet.fr

Ce document a été rédigé par :
Christelle MONIER, Jean-Claude MOURET et Roy HAMMOND

*Les auteurs remercient Catherine ALQUIER et Anne VADON
pour leur précieuse contribution*

Remerciements

Nous remercions les riziculteurs et les acteurs des différentes filières prospectées,
pour leur disponibilité, leur implication tout au long de cette année
et pour la richesse des informations qu'ils ont échangées
lors des rencontres «pailles de riz».

Un grand merci aux participants des différentes réunions de travail.

*Ce document de synthèse a été réalisé avec le soutien financier de l'ONIGC dans
le cadre du plan d'adaptation de la filière rizicole.*

Contacts :

Anne VADON

Parc naturel régional de Camargue - Mas du pont de Rousty 13200 Arles

Tél : Courriel : agri.elevage@parc-camargue.fr

Jean - Claude MOURET

UMR Innovation, Inra Sad Montpellier - 2, Place Pierre Viala 34060 Montpellier cedex 2

Tél : 04 99 61 25 57 - Courriel : mouret@supagro.inra.fr



Région
PACA



Parc
naturel
régional
de Camargue



RIZ de CAMARGUE



RIZ de CAMARGUE

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



OFFICE NATIONAL
INTERPROFESSIONNEL
DES GRANDES CULTURES



UMR *Innovation*
Montpellier



Sciences, eaux & territoires